2.ª edición

Disposición de planta

Bertha Díaz • Benjamín Jarufe • María Teresa Noriega



FONDO EDITORIAL

Disposición de planta

Bertha Díaz • Benjamín Jarufe • María Teresa Noriega

Disposición de planta

Bertha Díaz • Benjamín Jarufe • María Teresa Noriega

2.ª edición



FONDO EDITORIAL

Díaz Garay, Bertha
Disposición de planta / Bertha Díaz; Benjamín Jarufe; María Teresa Noriega. 2.ª edición, 2.ª reimpresión, 3.ª reimpresión. Lima: Universidad de Lima,
Fondo Editorial, 2014.

412 pp. (Colección Textos Universitarios)

1. Distribución de Planta 2. Ingeniería industrial
I. Jarufe Zedán, Benjamín
II. Noriega Araníbar, María Teresa

ISBN: 978-9972-45-197-3

658.23/D67/2013 (DDC22)

Colección Textos Universitarios
Disposición de planta
Segunda edición 2007
Primera reimpresión, junio 2008
Segunda reimpresión, enero 2013
Tercera reimpresión, agosto 2014

Fondo Editorial
Universidad de Lima
Av. Manuel Olguín 125, Urb. Los Granados
Lima 33, Perú
Apartado postal 852, Lima 100, Perú
Teléfono: 437-6767, anexos 30130 y 30131
Fax: 435-3396
fondo_ed@ulima.edu.pe
www.ulima.edu.pe

Diseño y edición: Fondo Editorial

Impreso en el Perú

ISBN 978-9972-45-197-3

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú Nº 2014-10471

Índice

Prólogo

En la actualidad, las organizaciones realizan esfuerzos día tras día con el objetivo de mantener la calidad de sus productos y de sus costos operativos, que les permitan desarrollarse adecuadamente en un ambiente altamente competitivo y globalizado. En este sentido, las industrias están muy atentas a la mejora de sus procesos productivos, y para ello se valen de una serie de mecanismos y formas.

La ubicación de las distintas áreas de trabajo en una planta industrial, así como la de la maquinaria, equipos y materiales dentro de dichas áreas, juega un papel muy importante, en especial en lo que se refiere a la economía de movimientos y al ahorro de espacio. Una adecuada distribución de las áreas de trabajo tiene gran influencia sobre los procesos de fabricación; principalmente, mejorando aquellas actividades que no aportan valor al producto durante su proceso, como las relacionadas con los desplazamientos de personas y materiales, y con los almacenamientos intermedios y finales, en cuanto a su forma y ubicación. Otro aspecto importante e inherente a una adecuada distribución es el relacionado con la seguridad, tanto la del personal que labora en la planta como la de los activos y el patrimonio de la empresa en general.

Dada la importancia de una adecuada distribución de planta, Bertha Díaz, Benjamín Jarufe y María Teresa Noriega han consolidado en esta segunda edición de su texto *Disposición de planta* todos los conceptos y herramientas relacionados con el tema, creando un documento que a través de conceptos teóricos, casos y problemas, proporciona al estudiante un amplio panorama así como alternativas de acción para la solución de problemas reales en el campo industrial.

Los autores han complementado esta nueva edición con una serie de aspectos vigentes: el énfasis en el tema de tecnologías limpias, las buenas prácticas de manufactura y la incidencia de una adecuada distribución y seguridad como bases del buen rendimiento del factor humano en las organizaciones.

Estoy convencido de que la relevancia del tema y el muy adecuado enfoque que los autores le han dado a cada capítulo del texto, garantizan desde ya el éxito de esta segunda edición.

Jaime León Ferreyra
Decano de la Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad de Lima

Presentación

En el año 2001 apareció la primera edición de *Disposición de planta*, un texto dirigido básicamente a estudiantes de ingeniería y a quienes desearan profundizar en las técnicas para la disposición de una planta industrial.

Ahora, sobre la base del primer volumen, de su puesta en práctica y de los comentarios alcanzados por los profesionales formados en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima, entregamos esta segunda edición, revisada, actualizada y ampliada. El lector encontrará, en esta nueva versión, que los capítulos han sido reordenados, con la finalidad de que sirva como guía en el desarrollo de la ingeniería de proyectos industriales de diverso tipo.

La parte teórica del libro, como en la anterior edición, está seguida por múltiples ejemplos e ilustraciones para cada situación, pero, además, contiene problemas resueltos, que ayudarán a la mejor comprensión del tema, y problemas propuestos, que el estudiante deberá desarrollar a modo de práctica. Cabe destacar, también, que esta versión ha sido aumentada con nuevos capítulos, como el dedicado al medio ambiente, en el cual se trata la importancia de que los proyectos y las reconversiones industriales tengan en cuenta tecnologías alternativas que permitan una producción más limpia.

Al mismo tiempo, se han incluido comentarios y recomendaciones para orientar a quienes opten por una redisposición de su planta industrial o decidan realizar cambios menores en su ambiente de trabajo.

En resumen, esta segunda edición presenta un estudio completo de los factores de disposición de planta y su impacto en las diferentes operaciones de la industria, resaltando la necesidad de un ambiente de trabajo que facilite las operaciones, garantice la seguridad y la salud de los trabajadores y permita la conformidad de los productos elaborados.

Finalmente, expresamos nuestro agradecimiento, en primer lugar, a nuestros estudiantes, quienes con su interés, sus preguntas y sus observaciones han hecho posible que conozcamos la utilidad de la edición anterior, sus méritos y sus deficiencias, y también a los profesores Bertha Olarte, Lincoln Betalleluz, José Taquía y Rómulo Cancio, quienes nos alcanzaron sugerencias y aportes que han enriquecido esta nueva edición.

Bertha Díaz Garay
Benjamín Jarufe Zedán
María Teresa Noriega Araníbar

Capítulo

1 *Estudios previos a la disposición de planta*

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- *Estudio de mercado*
- *Diseño del producto*
- *Diseño del proceso*

En este capítulo introductorio, pretendemos mostrar las etapas previas para llevar a cabo un estudio de disposición de planta.

Para realizar este estudio, es necesario emprender, un estudio de mercado para conocer las necesidades de los clientes y luego volcarlas en especificaciones técnicas. Así, diseñaremos el producto, el cual definirá la tecnología requerida para el diseño del proceso, requisito indispensable para realizar la disposición de la planta.

Para instalar una planta se debe realizar previamente un estudio de mercado, que permita conocer las características del producto para el diseño correspondiente, información que servirá de base para elaborar el proyecto del proceso y elegir la tecnología apropiada.

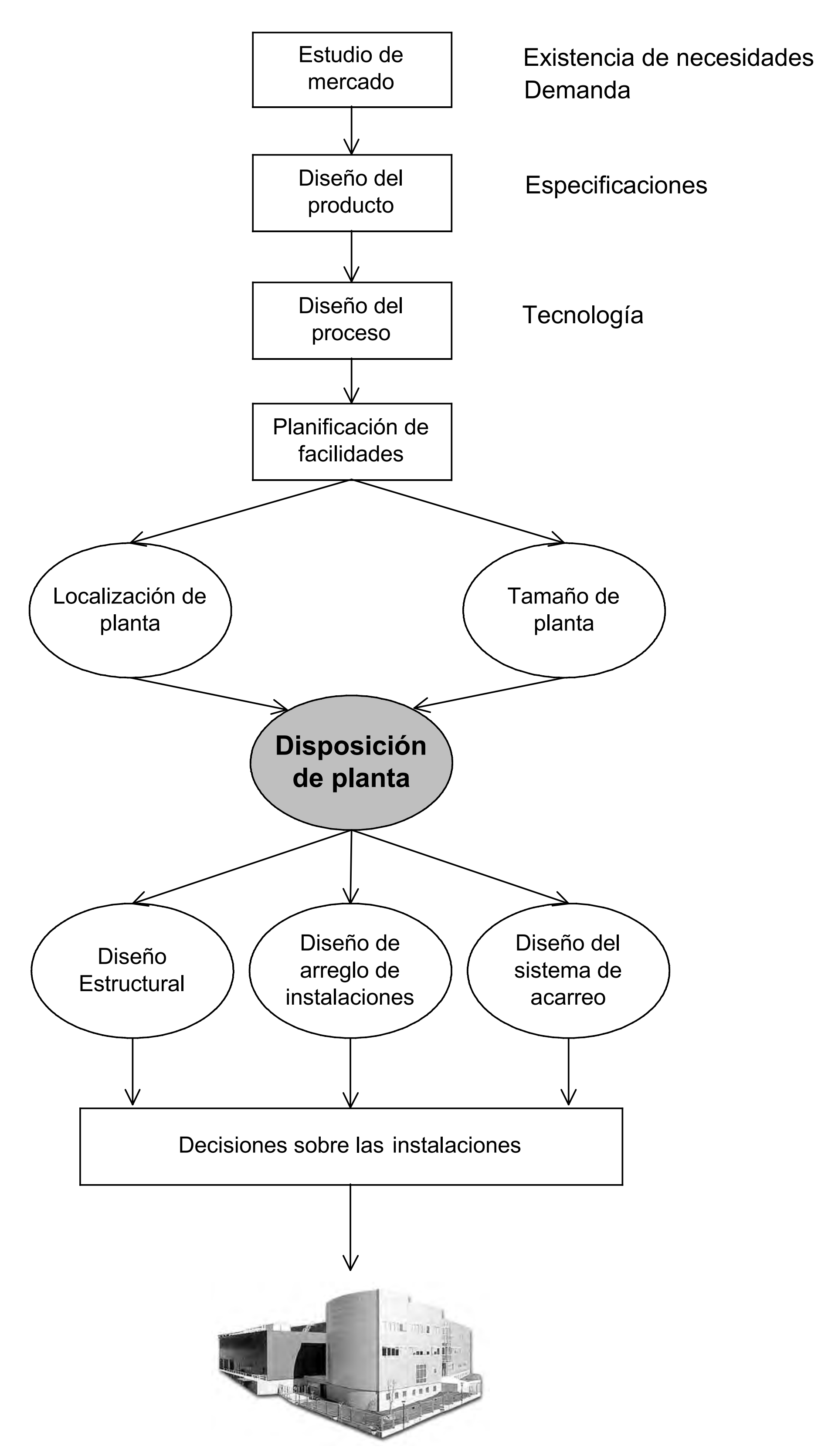
Paralelamente, se debe definir el tamaño de la planta, a partir de la información sobre el mercado, la tecnología que se va a usar y el análisis de la localización, que constituyen los primeros elementos de la planificación de facilidades.

Todo ello permitirá iniciar el estudio de disposición de planta, identificar el porqué de dicha disposición y definir si lo que se requiere son ajustes menores a una planta existente (corto plazo), una redisposición o traslado a otra planta (mediano plazo) o proyectar una nueva planta (largo plazo).

1. Estudio de mercado

Mediante el estudio de mercado se identificará a los clientes potenciales y se conocerán sus necesidades. La determinación de las características del producto permitirá que el equipo del proyecto diseñe y desarrolle el producto, generando así sus especificaciones técnicas, a partir de las cuales se definirán las etapas del proceso productivo, estableciéndose las bases para la selección de la tecnología apropiada.

Este estudio dará a conocer también la oferta existente y las estrategias de mercado utilizadas por la competencia, información que será decisiva para el establecimiento del factor de diferenciación de la empresa, de los canales de comercialización, de los precios de mercado y de la demanda potencial para el proyecto. Asimismo, la determinación de la demanda será un factor importante para proyectar el tamaño de la planta, de allí la necesidad de realizar un estudio de mercado actualizado, completo y orientado hacia un determinado segmento.



Etapas de decisión para la instalación de una planta

1.1 Realización del estudio de mercado

El estudio de mercado tendrá como objetivo la definición de los siguientes elementos:

- El producto: definir el producto o la gama de productos.
- La demanda: calificar y cuantificar con precisión a los clientes potenciales.
- La oferta: identificar y analizar la competencia directa e indirecta.
- El precio: fijar el precio del producto.
- Los canales de distribución: determinar el medio para llegar al cliente.
- La demanda para el proyecto: medir la potencialidad de esta demanda.

Sea cual fuere el tipo de proyecto, un estudio de mercado, sin ser una ciencia exacta, permite reducir la incertidumbre. El contenido de un estudio de mercado es únicamente válido en un momento dado. Un estudio realizado para un proyecto dado no podrá nunca corresponder a otro proyecto.

1.1.1 Segmentación del mercado

La segmentación del mercado consiste en dividir el mercado total de un bien o servicio en varios grupos más pequeños e internamente homogéneos, que permita orientar el estudio hacia el consumidor y atender sus necesidades. Existen muchas formas de segmentar un mercado, por lo que se deben probar diversas variables, solas y combinadas, para encontrar la manera óptima de concebir su estructura.

El conocimiento del mercado y particularmente el enfoque al cliente es uno de los principios del concepto de 'calidad total'. Ello incluye tanto el diseño de nuevos productos para nuevas necesidades, como una rápida respuesta a la demanda.

A continuación se detallan las principales variables utilizadas para la segmentación de mercado:

- *Segmentación geográfica*.- Requiere que el mercado se divida en varias unidades geográficas, como países, departamentos, regiones, distritos o ciudades; se puede operar en todas las áreas, en dos o solo en una.
- *Segmentación demográfica*.- Es la división en grupos sobre la base de variables demográficas como edad, sexo, tamaño de la familia, ciclo de vida, nivel de ingresos, etcétera. Una de las razones por la que se utiliza este tipo de segmentación es que las necesidades, deseos y tasas de uso están a menudo estrechamente relacionadas con las variables demográficas.
- *Segmentación psicográfica*.- En esta forma de segmentación los clientes se dividen en grupos según su clase social, estilo de vida o personalidad.
- *Segmentación por intereses*.- Según esta variable, los clientes se dividen en grupos según sus conocimientos, actitudes, costumbres o sus respuestas a un producto.

1.1.2 Interrogantes para el estudio de mercado

El estudio de mercado nos permitirá realizar una adecuada combinación de producto/mercado, respondiendo a las siguientes interrogantes:

¿Qué?	¿Qué vamos a producir?
¿Por qué?	¿Por qué se justifica la producción de ese bien y no otra cosa?
¿Quién?	¿A quiénes se orienta el producto? ¿Cuál es la segmentación de mercado? ¿Quiénes son los competidores?
¿Cómo?	¿Cómo se va a distribuir el producto? ¿Cuáles serán los canales de distribución más adecuados?
¿Cuánto?	¿Cuánto se va a vender? ¿A qué precio se debe vender?
¿Dónde?	¿En qué lugar se encuentra el mercado?

1.1.3 Etapas para el estudio del mercado

El proceso de realización del estudio de mercado se descompone en cuatro grandes etapas: preparación, realización, interpretación, análisis y aplicación.

- *Preparación*.- Para iniciar el estudio se debe delimitar el problema por investigar: crear un nuevo producto, un producto complementario o un producto sustituto; mejorar el diseño de un producto existente; aumentar la producción de uno de los productos; conocer el mercado en determinadas zonas geográficas donde se podría instalar la planta; conocer las motivaciones íntimas del consumidor.

  Una vez conocido el problema por investigar, se decidirá la forma como realizar dicho estudio; para ello se aplicarán encuestas, grupos focales, entre otras técnicas.
- *Realización*.- En esta etapa se llevará a cabo el estudio de campo, en el cual el entrevistador entrará en contacto con el posible consumidor. Para ello se determinará previamente la población involucrada y se definirá el tamaño de la muestra representativa. El entrevistador deberá registrar las respuestas con la mayor seriedad y en forma correcta, con el fin de garantizar la calidad de la información recogida.
- *Interpretación y análisis*.- En esta etapa se revisa la información con el fin de depurarla, a continuación se procede a la tabulación, en la cual se elaboran los cuadros y gráficos de los resultados. El análisis de estos permitirá hacer un informe objetivo de la información recopilada.
- *Aplicación*.- La información obtenida como resultado del estudio permitirá identificar a los clientes potenciales y sus necesidades, con el fin de determinar las características del producto y proyectar su diseño.

  El estudio también brindará información sobre la potencialidad de la demanda; sin embargo, dado que las herramientas utilizadas

han sido aplicadas a una muestra, no deberá ser la única referencia para la proyección de la demanda, necesitándose estudios más especializados para la evaluación de esta, así como el análisis de información sobre las proyecciones del sector económico.

1.2 Análisis de la demanda por tipo de producto

La proyección de la demanda requiere contar, en lo posible, con información estadística de entrada, que permita conocer el nivel de crecimiento del sector en el que se encuentra la empresa o proyecto en estudio; esto requerirá de la adecuada clasificación del producto o bien, con el fin de visualizar su comportamiento futuro, dependiendo de su relación con otros bienes o servicios y cadenas de comercialización.

1.2.1 Producto de consumo masivo

En este caso será necesario conocer el nivel de consumo per cápita del producto en el segmento de mercado en estudio. A partir de esta información, y conociendo el crecimiento de dicha población, podremos inferir cuál será la demanda del producto para ese segmento; para ello bastará determinar con mucho cuidado cuál es el consumo por persona en un periodo determinado.

Cuanto más elástica es la demanda, el pronóstico se hace menos acertado. La demanda de los artículos de primera necesidad puede predecirse con más exactitud que la de productos con mayor elasticidad.

Para establecer la proyección de la demanda será necesario también contar con la información sobre la tasa de crecimiento poblacional, y luego de proyectada la población aplicar el consumo per cápita para conocer la demanda proyectada.

1.2.2 Producto industrial

La proyección de la demanda de un producto industrial requiere contar con información sobre las proyecciones de crecimiento del sector industrial correspondiente, y conocer cuál es el requerimiento del insumo para dicha industria, con el fin de calcular los posibles requerimientos futuros. De esta manera, la relación insumo-producto será el dato necesario para realizar esta proyección.

En el caso de los productos industriales, generalmente hay pocos clientes, lo cual puede facilitar el pronóstico, pero hace también más sensible la demanda, ante la posibilidad de pérdida de un cliente.

1.2.3 Producto sustituto

Se debe aclarar si el producto por sustituir corresponde a un producto de importación o a un producto nacional. En cualesquiera de los casos tendremos que conocer cuáles son la demanda y la oferta del producto, para determinar la demanda potencial del producto al cual queremos sustituir, de esta forma tendremos una referencia del mercado disponible para el proyecto.

Si la empresa ha definido una estrategia para desplazar al producto de la competencia, deberá incluir algunos criterios para evaluar el nivel de fidelidad de los compradores del producto de dicha competencia, con el fin de definir el porcentaje de mercado que probablemente captará el nuevo producto.

1.2.4 Producto complementario

Este tipo de producto se maneja de manera similar al anterior, con la diferencia de que en este caso tendremos que establecer la relación que existe entre el consumo del producto principal y del producto complementario que se piensa lanzar al mercado. Por ejemplo, las baterías para algunos productos electrónicos; la demanda de neumáticos, que depende del parque automotor, etcétera.

1.2.5 Análisis de la cadena productiva

Este análisis requiere un estudio mucho más integral de la producción, que debe iniciarse con la materia prima y todos los niveles de transformación que ella sufre, hasta su entrega al consumidor o usuario final. El estudio de las cadenas productivas permite mejorar el nivel de eficiencia del proceso productivo; tal es el caso del maíz amarillo, que tiene como cliente la industria avícola y esta a su vez a los consumidores masivos en el sector de alimentos. Otro caso es el algodón, el cual pasa por las etapas de hilado, tejido y confección, dinamizando la industria textil.

1.3 Métodos de proyección de demanda

Cuando se quiere realizar la proyección de la demanda, se analiza la existencia de relaciones entre dos o más variables. Con frecuencia se expresa esta correspondencia mediante una ecuación matemática que relacione las variables; para ello sirve de ayuda la colección de datos que muestran los valores correspondientes de las variables consideradas.

1.3.1 Función lineal

La línea que mejor se ajuste a un conjunto de puntos de datos X-Y es aquella que minimiza la suma de las distancias al cuadrado de los puntos a la línea, medidas en dirección vertical o hacia Y. A esta línea se le conoce como la línea de regresión y su ecuación se denomina ecuación de regresión.

$\hat{Y} = b_o + bx$
$\hat{Y}$ = Variable dependiente calculada por la ecuación
Y = Variable dependiente real
b_o = Ordenada de origen de $\hat{Y}$
b = Pendiente de línea
x = Periodo de tiempo (para el caso de datos históricos)

Notación para la población y la muestra

Población	Muestra
Coeficiente de correlación = p	Coeficiente de correlación = r
Modelo de regresión de la población: $Y = \beta_0 + \beta x + \varepsilon$	Ecuación de regresión de la muestra: $\hat{Y} = b_0 + b$

- El *coeficiente de determinación* mide el porcentaje de variabilidad en *Y* que puede explicarse a través del conocimiento de la variable independiente *X*.

  El valor de r^2 es un valor muy importante en cualquier análisis de regresión, ya que muestra el grado hasta el cual están relacionadas la variabilidad de *X* e *Y*. En la práctica, r^2 se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$r^2 = \frac{b_0 \sum Y + b \sum XY - n\overline{Y}^2}{\sum Y^2 - n\overline{Y}^2}$$

1.3.2 Regresión múltiple

La regresión múltiple comprende el uso de más de una variable independiente para pronosticar una variable dependiente. Para resumir, los atributos de una buena variable de pronóstico son dos: está relacionada con la variable dependiente, y no está altamente relacionada con ninguna otra variable independiente.

- *Ecuación de regresión múltiple*.- En la regresión simple, la variable dependiente se puede representar por Y y la variable independiente mediante X. En el análisis de regresión múltiple se utilizan X con subíndices para representar las variables independientes. La variable dependiente se continúa representando con Y, y las variables independientes se representan como X_2, X_3, ..., X_n. En este sistema de notación, la nueva ecuación de regresión se escribe como

$$\hat{Y} = b_0 + b_2X_2 + b_3X_3$$

  En donde, por ejemplo, se tendría:

  Y = volumen de galones vendidos, estimado por la ecuación de regresión
  b_2, b_3 = coeficientes de regresión neta (el mejor conjunto ponderado entre las dos variables independientes, con el fin de lograr la máxima predicción)
  X_2 = precio por galón
  X_3 = gastos de publicidad (en cientos de dólares)
  b_0 = constante o intersección con Y

  El análisis utiliza el método de mínimos cuadrados para obtener la ecuación de regresión lineal de mejor ajuste para tres variables. Mientras que en el problema con dos variables el método de mínimos cuadrados producía la línea recta de mejor ajuste. Los puntos se grafican en tres dimensiones a lo largo de los ejes Y, X_2 y X_3. Los puntos se ubican por arriba y por abajo del plano, de tal forma que es mínima. Los valores de b2 y b3 se derivan como el mejor conjunto de ponderaciones que minimizan la suma de las distancias al cuadrado entre los puntos de datos y el plano de regresión múltiple.

Existen otros métodos de proyección que pueden ser revisados en libros de pronósticos o referidos a planeación de las operaciones.

- Alternativas de modelos matemáticos de aproximación:

Función	Ecuación
Logarítmica	$\hat{Y} = b_o + b \log X$
Exponencial	$\hat{Y} = b_o e^{bx}$
Potencial	$\hat{Y} = b_o x^b$

2. Diseño del producto

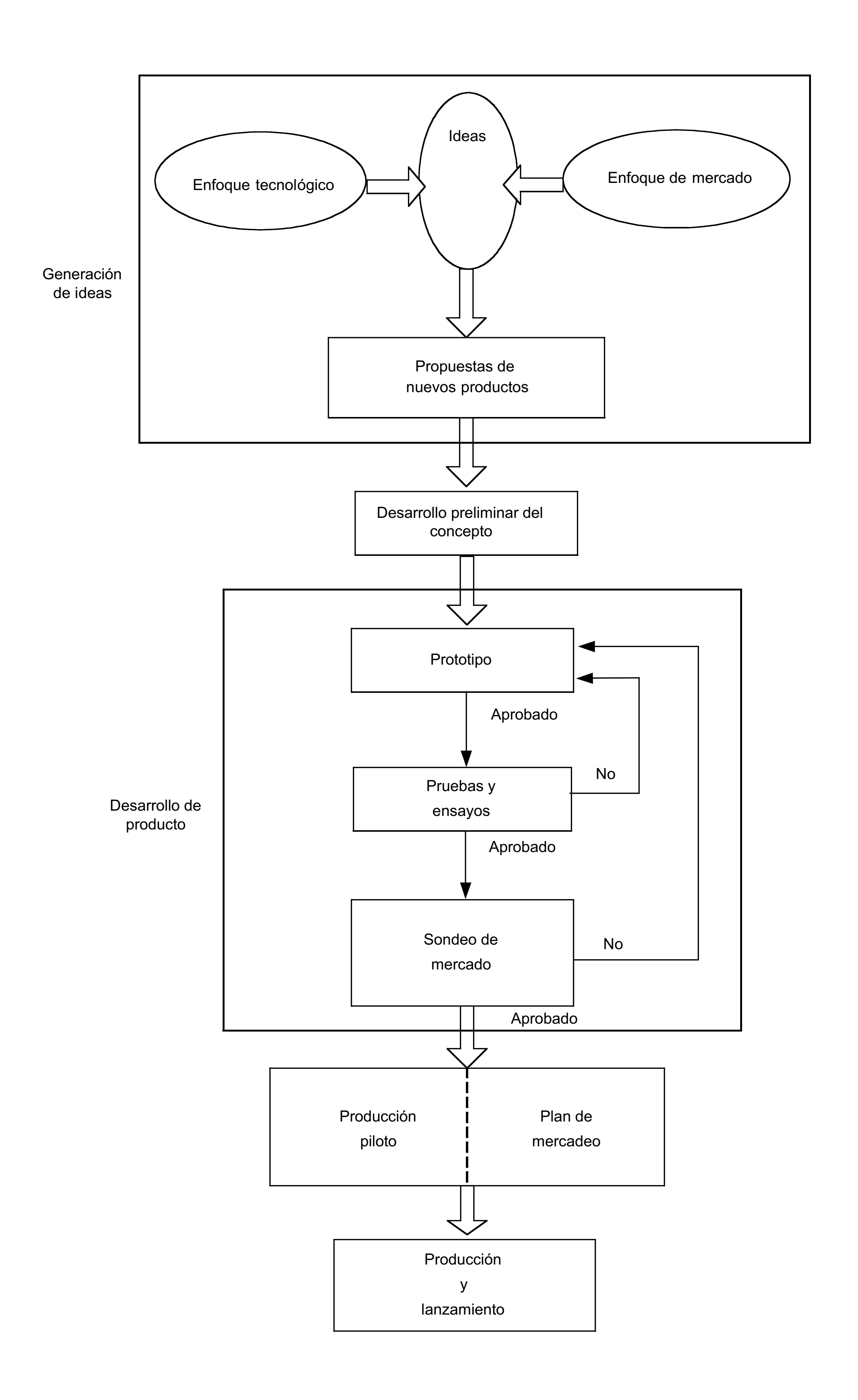
La creación de nuevos modelos resulta por lo general costosa, claro que una vez que se comercialice el producto terminado y se logre un posicionamiento de este se recuperará la inversión inicial.

En varios casos, el diseño de nuevos productos requiere de nuevas tecnologías a todo nivel, así como maquinaria, materia prima, mano de obra, etcétera. El diseño de un producto implica, aparte de la inversión en capital, una fuerte inversión en tiempo para poder pensar, investigar y probar soluciones que satisfagan los gustos o necesidades de los clientes.

En algunos casos este proceso puede ser muy largo y en otros no tanto; en definitiva, también depende de la magnitud del proyecto. Por ejemplo, en el caso de los teléfonos móviles hace algunos años todos tenían el mismo diseño: de color negro, grandes, pesados, con batería de corta duración y al alcance de pocos, por ser muy caros. Hoy el mercado ofrece amplias opciones de formas, colores, tecnologías y costos, tratando de brindar un producto para cada personalidad y para todos los sectores sociales y todas las edades, desde los abuelos hasta los nietos.

Por ejemplo, Nokia cuenta con una categoría denominada Básica, dirigida a los usuarios que buscan equipos simples, fáciles de usar y de precio accesible, que son los usuarios de prepago; en el otro extremo existe una categoría Premium, dirigida a personas que están dispuestas a pagar por equipos sofisticados. En el 2005 Nokia lanzó 24 modelos, y 38 modelos el 2006.

Actualmente se cuenta con tecnologías avanzadas para el diseño de productos, como diseño asistido por computadora (CAD), manufactura asistida por computadora (CAM), sistemas flexibles de manufactura (FMS), manufactura integrada por computadora (CIM). Estas tecnologías automatizan y vinculan los procesos de diseño y manufactura, reducen los tiempos de ciclo, eliminan la posibilidad de error humano y mejoran la calidad.


Ideas
Enfoque tecnológico
Enfoque de mercado
Generación
de ideas
Propuestas de
nuevos productos
Desarrollo preliminar del
concepto
Prototipo
Aprobado
No
Pruebas y
ensayos
Desarrollo de
producto
Aprobado
Sondeo de
mercado
No
Aprobado
Producción
piloto
Plan de
mercadeo
Producción
y
lanzamiento

2.1 Etapas del desarrollo de productos

El cliente es el factor más importante en el desarrollo de los productos, y el conocimiento de sus necesidades es una fuente de información básica para el diseño. Todos los departamentos de la organización desempeñan funciones determinantes en esta fase. En general, el proceso de desarrollo de productos consta de cinco etapas:

- *Generación de ideas*.- Las ideas se basan en las necesidades y expectativas de los clientes, pero muchas veces trascienden lo que ellos realmente esperaban, ya que quizás no sepan lo que realmente quieren o buscan. Se optimizan las características o resultados deseables. ¿Qué es lo que el producto pretende hacer?
- *Desarrollo preliminar del concepto.*- En esta etapa se evaluará la factibilidad económica de realizar el producto y si este satisfará las necesidades del usuario. Las necesidades del cliente se traducirán en requerimientos, técnicas medibles y posteriormente en especificaciones de diseño, valor nominal y tolerancia.
- *Desarrollo del producto.*- Es la fase en la que se determinan las especificaciones de ingeniería; incluye la elaboración de los primeros planos y guías de cómo elaborar el producto o de cómo prestar el servicio. Luego se realizará una revisión crítica de las ideas desarrolladas, a fin de hacer algún rediseño si fuera necesario, lo que ahorrará tiempo y dinero. Además, incluye las pruebas de prototipo para realizar las pruebas físicas de resistencia, flexibilidad, entre otras, que permitirá identificar posibles problemas y proponer acciones correctivas.
- *Producción piloto*.- Se seleccionan las tecnologías y herramientas para llevar a cabo los procesos vinculados al producto; asimismo, se hace una corrida del proceso para realizar los ajustes convenientes. La información de esta corrida es importante para el cumplimiento de los tiempos y de las características técnicas del producto con el fin de lograr el visto bueno. Paralelamente se va elaborando el plan de mercado.
- *Producción y lanzamiento*.- Después de obtener el visto bueno de la etapa anterior se procede a fabricar el producto de acuerdo con las proyecciones de la demanda, en la maquinaria y equipo seleccionado para la producción.

  A través de los canales de comercialización se hace llegar el producto a los clientes o usuarios.

La empresa planificará y controlará el diseño y desarrollo del producto. Esta es una etapa vital para el éxito del proyecto, pues deberán establecerse los mecanismos que permitan hacer un diseño que responda a las necesidades del usuario, lo cual garantizará que el cliente demande el producto una vez que este sea elaborado.

La empresa debe asegurarse de que exista una comunicación adecuada entre las diferentes áreas de la empresa, con el fin de satisfacer las necesidades del usuario.

2.2 Los requisitos de la norma ISO 9001:2000

Este modelo de gestión de la calidad establece las siguientes etapas para el diseño de los productos:

- *Determinación de los elementos de entrada para el diseño y desarrollo.*- Se establecen como informaciones relevantes para la determinación de los elementos de entrada las siguientes:
  - Los requisitos funcionales y desempeño.
  - Los requisitos legales y reglamentarios aplicables.
  - La información proveniente de diseños previos similares, cuando sea aplicable.
  - Cualquier otro requisito esencial para el diseño y desarrollo.
- *Diseño y desarrollo*.- A partir de los elementos de entrada mencionados, se elaborará el diseño del producto, teniendo como resultado un plano, un boceto, una maqueta o un prototipo del producto. Los diseñadores deberán cuidar que se cumplan los siguientes requisitos:
  - Los requisitos de los elementos de entrada para el diseño y desarrollo.
  - Dar referencia sobre las necesidades de compra, la producción y la prestación del servicio.
  - Considerar las capacidades tecnológicas para la elaboración del producto.
  - Especificar las características del producto que son esenciales para su uso seguro y correcto.
- *Verificación del diseño y desarrollo*.- De acuerdo con lo planificado, se debe verificar que los resultados cumplen con los requisitos de los elementos de entrada del diseño y desarrollo.
- *Validación del diseño y desarrollo*.- La validación del diseño y desarrollo se debe realizar de acuerdo con lo planificado, para asegurarse de que el producto resultante sea capaz de satisfacer los requisitos para su aplicación especificada o uso previsto.

  Los procedimientos para el diseño de productos deberán considerar la funcionalidad, el costo, la facilidad de fabricación, la seguridad y su impacto.

2.3 Simplificación del diseño

La simplificación del diseño puede disminuir el costo. La reducción del número de componentes o partes y piezas repercutirá en un menor costo de la materia prima, y al mismo tiempo hará que bajen el nivel de los inventarios y el número de proveedores, así como disminuirá el tiempo de producción.

El problema de la calidad se puede presentar por la compra de insumos que no cumplen con los requerimientos para producción, cuando no se ha dado al proveedor una especificación incompleta o precisa; puede suceder en la planta, cuando las características de los compo-

nentes no son especificadas, o en el ensamble, cuando se cuenta con piezas similares pero no idénticas, lo que dará la posibilidad de error. Finalmente, la omisión de las condiciones en las cuales debe estar expuesto el producto, como humedad, temperatura, vibración, polvo, etcétera, puede dar como resultado fallas en su manufactura y uso.

La siguiente tabla resume aspectos importantes de diseño para la manufactura, mejora de calidad y la reducción de los costos:

Minimizar número de piezas	
– Menos dibujos de piezas y de ensamble	Volumen inferior de dibujos y de instrucciones por controlar
– Menos ensambles complicados	Inferior tasa de errores en ensamble
– Menos piezas que tengan las características requeridas de calidad	Mayor consistencia en la calidad de la pieza
– Menos piezas que fallan	Mayor confiabilidad
Minimizar la cantidad de números de pieza	
– Menos variaciones en piezas similares	Inferior tasa de errores en ensamble
Diseño robusto (método Taguchi)	
Baja sensibilidad a la variabilidad de los componentes	Rendimiento superior inicial; menos degradación de desempeño a lo largo del tiempo
Eliminar ajustes	
– Sin errores de ajuste de ensamble	
– Eliminar componentes ajustables con altas tasas de falla	
Hacer el ensamble fácil y a prueba de tontos	
– Las piezas no se pueden ensamblar equivocadamente	Menor tasa de errores de ensamble
– Resulta obvio cuando faltan piezas	Menor tasa de errores de ensamble
– Herramienta de ensamble diseñada para la pieza	Menor tasa de errores de ensamble
– Las piezas se autoajustan	Menor tasa de errores de ensamble
– No "ajuste a la fuerza" las piezas	Menos daño en las piezas; mayor capacidad de servicio
Utilizar procesos repetibles bien comprendidos	
– Calidad de la pieza fácil de controlar	Rendimiento superior de la pieza
– Calidad del ensamble fácil de controlar	Rendimiento superior del ensamble
Escoger piezas que puedan sobrevivir las operaciones del proceso	
– Menos daño a las piezas	Rendimiento superior
– Menos degradación de la piezas	Más confiabilidad
Diseño para una prueba eficiente y adecuada	
– Menos confusión de un proyecto "bueno" por uno "malo" y viceversa	Una evaluación más cercana a la verdad de la calidad; menos retrabajo innecesario
Disponer las piezas para la terminación confiable del proceso	
– Menos daño a las piezas durante el manejo y el ensamble	
Eliminar cambios de ingeniería sobre productos emitidos	
– Menos errores causados por cambios o múltiples revisiones y versiones	Inferior tasa de errores en el ensamble

Fuente: Dates, 1987: 63-67.

3. Diseño del proceso

El proceso es el conjunto de actividades ordenadas en forma sistemática y cronológica, con el fin de generar un resultado (bien o servicio), que viene a ser la salida de un producto que se entregará al cliente, interno o externo, quien le dará mayor valor, pues satisfará sus necesidades.

Diseñado el producto y definidas sus especificaciones, se pasa a diseñar el proceso que permitirá la obtención del producto, a partir de la materia prima y los insumos, a través del uso de la maquinaria y de la mano de obra capacitada, con el fin de invertir menor esfuerzo, disminuir los costos y el tiempo de manufactura, teniendo en cuenta las economías de escala.

Tras el diseño del producto y de sus especificaciones técnicas, se presenta el proceso por seguir, de acuerdo con la tecnología seleccionada.

El diseño del proceso puede resultar de mayor importancia que el diseño del producto. Al diseñar el proceso se deberá responder las siguientes preguntas: ¿qué trabajo se hace?, ¿quién trabaja?, ¿la actividad agrega valor al material?, ¿cuáles son los insumos y resultados de cada paso?, ¿cómo se pueden eliminar o simplificar las actividades?, y ¿cómo se puede mejorar aún más el proceso?

Al diseñar el proceso se deberán responder las siguientes preguntas: ¿qué trabajo se hace?, ¿quién trabaja?, ¿la actividad agrega valor al material?, ¿cuáles son los insumos y resultados de cada paso?, ¿cómo se pueden eliminar o simplificar las actividades?, y ¿cómo se puede mejorar aún más el proceso?

Los factores básicos de un proceso son:

- *Mano de obra*: personal responsable, capacitado, entrenado, con habilidades para realizar la tarea.
- *Materiales*: materia prima e insumos para ser procesados o transformados de acuerdo con el diseño del producto, considerando las especificaciones técnicas.
- *Maquinaria y equipo*: están constituidos por las máquinas y herramientas que se emplean para efectuar el trabajo; facilitan las tareas del operario y aumentan la capacidad de la planta.
- *Método*: viene a ser la forma en que se llevan a cabo las tareas. Las variaciones que se originan en las salidas del proceso dependerán de si el método definido es la mejor manera de realizar el trabajo, por lo que luego podrá revisarse y plantear las mejoras.
- *Ambiente de trabajo*: son las condiciones del local donde se va a llevar a cabo el trabajo; involucra aspectos ergonómicos, ventilación, ruido e iluminación. Es un factor muy importante por su incidencia en la calidad y productividad del proceso.

Con el diseño del producto se iniciará el diseño del proceso, para ello deberá elegirse el sistema de producción que mejor responda a los requerimientos del mercado y al nivel tecnológico requerido.

3.1 Sistemas de producción

El sistema de producción proporciona la estructura que facilita la descripción y la ejecución de un proceso de manufactura o de servicio, teniendo como variables los productos que se elaborarán o los servicios que se brindarán en un periodo dado, el volumen de productos o clien-

tes y la participación de la mano de obra, así como de la maquinaria y del equipo.

Para decidir sobre el sistema de producción por implantar, se deben considerar los siguientes aspectos:

- El volumen de producción, que se refiere la cantidad de unidades o lotes que se espera fabricar. Se puede tener producción por unidades, en series pequeñas, grandes y a gran escala, de acuerdo con el comportamiento del mercado.
- El flujo del producto, es decir de qué manera se presentarán las etapas de trabajo de acuerdo con el diseño del producto. Se podrán presentar flujos lineales o flujos intermitentes.
- Los productos, que vienen a ser el bien o el servicio que produce la empresa. Se puede concentrar en un solo tipo de producto o en una gran variedad.

El análisis de estas tres variables permitirá seleccionar el sistema de producción más adecuado para la elaboración del producto o de los productos identificados para el estudio de la disposición de la planta.

Los sistemas de producción son de tres tipos: sistemas por proyectos, sistemas por producto y sistemas intermitentes.

3.1.1 Sistemas por proyectos

En este sistema, las empresas están organizadas por proyectos que atienden una variedad de productos o de servicios elaborados a la medida del cliente; su estandarización es muy difícil, por lo que el proceso debe permitir la flexibilidad en las características y capacidades de los equipos, así como en las habilidades humanas y en los métodos. Se trata de obras de apreciable magnitud o de importancia, que configuran una red compleja de tareas vinculadas entre sí a través de múltiples interrelaciones de precedencia.

Los factores de producción (mano de obra, maquinaria y materiales) concurren alrededor de la materia prima principal, que puede ser de gran volumen.

Entre los ejemplos típicos del sistema por proyectos están:

- La construcción de edificios, plantas industriales, carreteras, puentes, entre otros.
- La construcción de buques y barcos.
- El desarrollo e implementación de sistemas computarizados.
- La ejecución de trabajos de consultoría.

3.1.2 Sistemas por producto

Las empresas organizadas bajo este sistema se orientan hacia el producto, a partir del diseño de la planta, por el volumen del producto que se va a elaborar, así como por el número de los productos que se van a fabricar.

Las operaciones de flujo en línea se dividen en dos tipos de producción: producción en masa y producción continua.

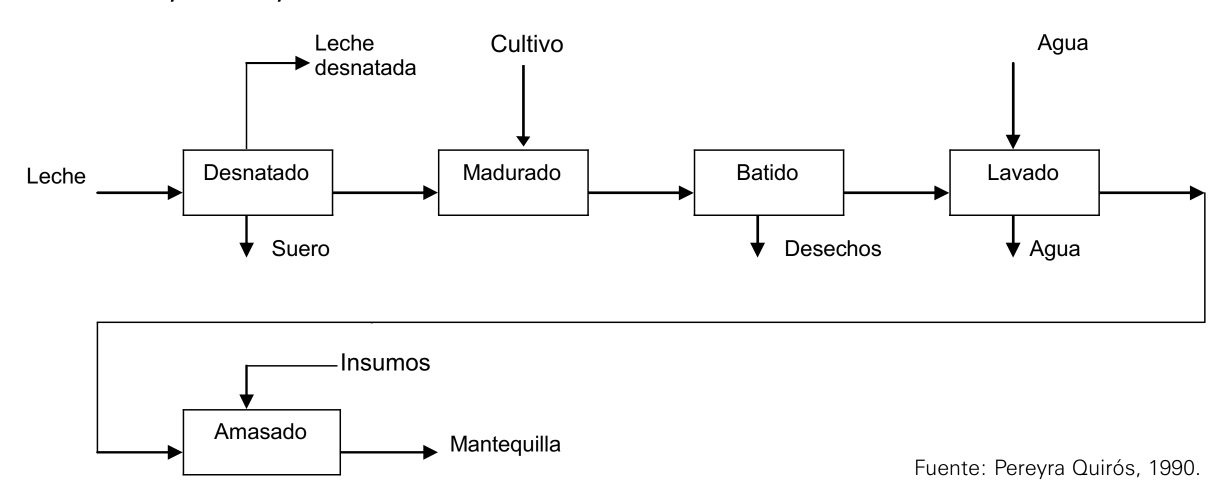
- La *producción en masa* está referida generalmente al tipo de operación formada por una línea de ensamble, como la que se desarrolla en la industria automotriz.
- La *producción continua* se emplea en las llamadas industrias de proceso, como la industria química, de papel, de la cerveza, del acero, de la electricidad y de las industrias telefónicas.

Aunque ambos tipos de operaciones se caracterizan por el flujo lineal, los procesos continuos tienden a ser más automatizados y a elaborar productos más estandarizados.

Cada producto es elaborado a través de un método idéntico, o casi idéntico, por lo que la maquinaria y el equipo se colocan en línea; en consecuencia, la automatización se debe a los altos volúmenes procesados.

Este sistema se caracteriza por la existencia de un buen número de inventarios, tanto de materia prima como de productos terminados. El planeamiento y control de la producción se basa, en gran medida, en la capacidad instalada de la planta y en el flujo de materiales, según la estación en que presente el cuello de botella.

Caso: Empresa de productos lácteos

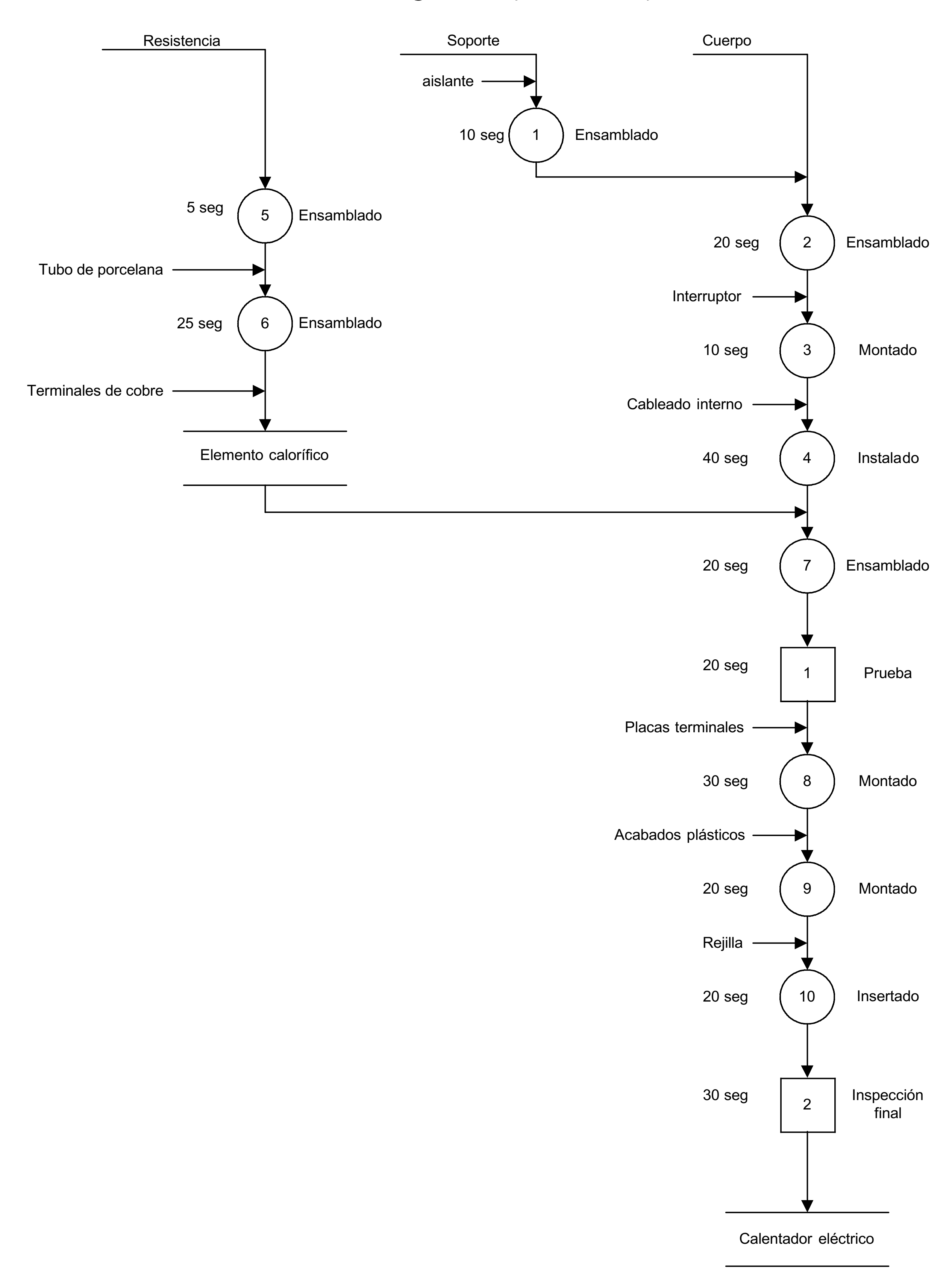


Fuente: Pereyra Quirós, 1990.

La línea de ensamble consiste en encadenar una secuencia de operaciones que convergen hacia una línea continua en la que se elaboran los productos finales. Se presenta un solo tipo de producto por corrida de producción; su ruta es inflexible, ordenada en una estación después de otra, de acuerdo con el proceso de producción, y desarrollándose para inventario. En la primera etapa de la producción se ejecutan operaciones con la maquinaria de uso general, bajo el sistema de producción intermitente, llevadas a cabo ya sea en la propia empresa o por los proveedores, partes y piezas elaboradas que posteriormente serán ensambladas, formando el producto terminado.

Las empresas que trabajan bajo esta modalidad tienen gran relevancia en el mercado actual, principalmente las que fabrican electrodomésticos, automóviles, motores, computadoras o juguetes.

Caso: Diagrama de operaciones del proceso de un calentador eléctrico



Los productos se fabrican en flujos continuos sin fin, más que en lotes o en pequeñas unidades. El producto se encuentra muy estandarizado, así como todos sus procesos productivos, secuencias de integración, materiales y equipos.

Los procesos de flujo continuo están orientados para el manejo de grandes volúmenes continuos de producción, con capital intensivo, automatización especializada y controles de tiempo.

Los sistemas continuos son usados para producir grandes volúmenes de un solo artículo (o de relativamente pocos artículos), con equipo especializado y siguiendo un patrón fijo.

Para entender mejor este sistema se presenta, a continuación, el proceso de tratamiento de las aguas del río Rímac para la obtención del agua potable.

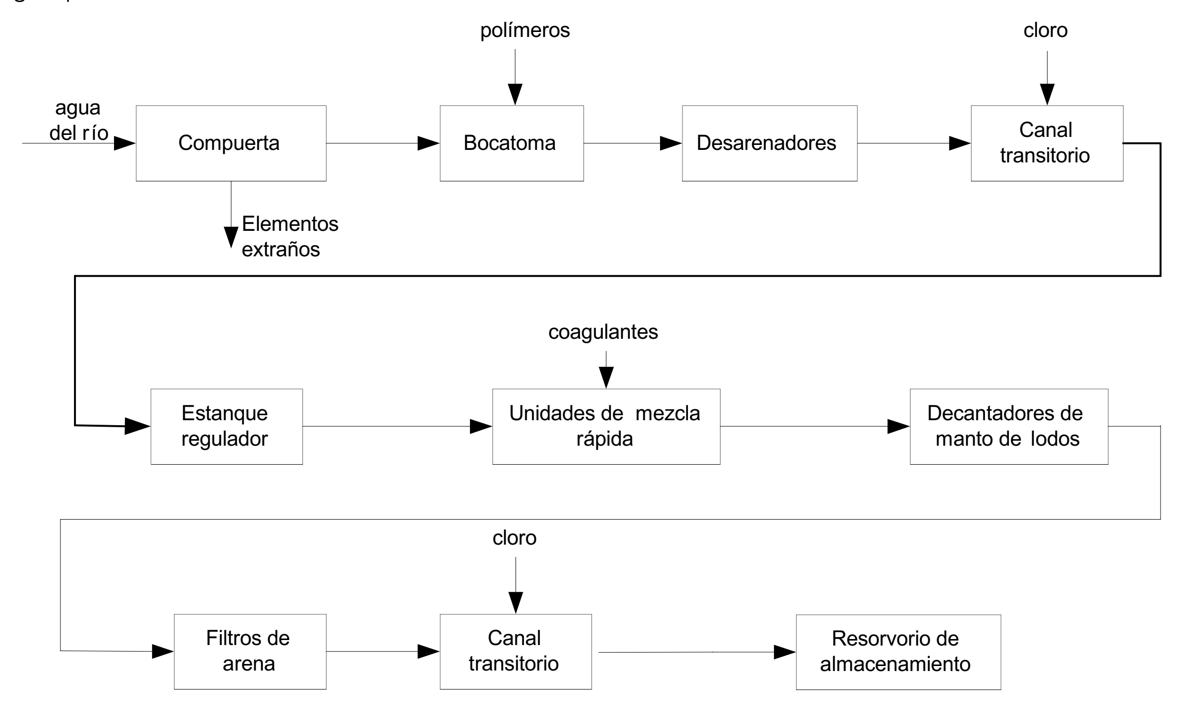


Diagrama de bloques - Procesamiento del agua potable

El proceso se inicia con el represamiento del río Rímac, de donde se toma la cantidad de agua necesaria, la cual pasa a través de un sistema de rejillas que retiene los elementos sólidos o extraños, mientras el líquido pasa a los desarenadores, aquí se procede a dosificar los polímeros con el fin de aglomerar las partículas en suspensión y se retiene la arena.

El agua sigue su recorrido, procediéndose a la precloración, operación que consiste en aplicarle las dosis de cloro necesarias para disminuir la contaminación bacteriana. Una vez desinfectada pasa a los embalses reguladores, donde es almacenada para asegurar la continuidad de la producción durante 15 horas sin que se capte agua del río.

Aquí también se produce la sedimentación y sirve como cámara de contacto entre el cloro y el agua.

En la siguiente etapa, el agua recibe coagulantes en forma continua y es ingresada a los decantadores de tipo 'manto de lodos' para retener los grumos pesados y voluminosos, luego discurre a través de los filtros de arena, donde son retenidas las partículas más finas. El agua que se pierde por las operaciones del proceso de tratamiento se recircula para ser utilizada en el lavado de filtros.

Finalmente, al agua se le agrega cloro para eliminar toda contaminación bacteriana residual, para luego pasar a las tuberías que conducen a los tanques de almacenamiento o a la ciudad.

3.1.3 Sistemas intermitentes

Este sistema se presenta cuando el flujo de productos o servicios no está estandarizado, y al momento de llevarlos a cabo estos se encuentran mezclados, debido a que las actividades se desarrollan de acuerdo con el diseño del producto según el cliente, normalmente con un bajo volumen de unidades a procesar, utilizándose maquinaria de uso general y mano de obra intensiva.

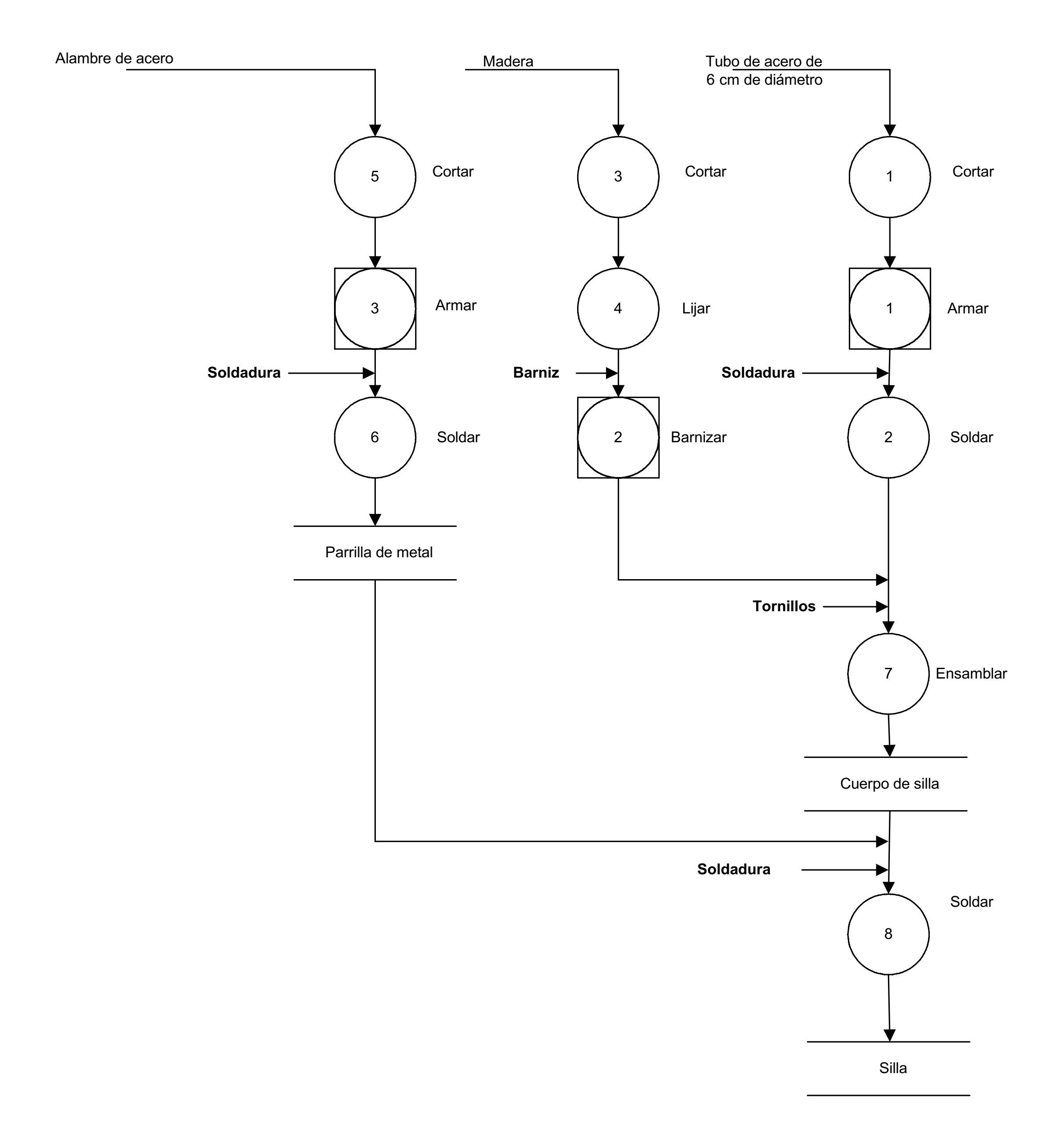
La existencia de una gran variedad de productos ocasiona que la producción se reduzca y la maquinaria permanezca parada, haciendo más difícil el cálculo de la capacidad de la planta y el sistema de control de la producción, por lo tanto este control deberá ser más riguroso, con el fin de conocer el avance de las órdenes de trabajo.

La forma de trabajo antes descrita presenta sistemas intermitentes del tipo taller. Se pueden citar como ejemplos los talleres de carpintería metálica, microempresas básicas que elaboran gran variedad de productos, como puertas, ventanas, escaleras, varillas, estantes, parrillas, entre otros; para ello, cuentan con maquinaria y equipo de uso general, como taladros, cizallas, equipo de soldadura, herramientas de banco y máquinas-herramientas para la ejecución de operaciones.

Las microempresas que están en crecimiento cuentan con la maquinaria mencionada, y además poseen equipos como dobladoras, cilindradoras, tornos de mayor eficiencia, que permiten la elaboración de productos que, de acuerdo con el diseño y tipo de material empleado, requieren de operaciones de ensamble y montaje complementarias a las operaciones de atornillado.

En términos de estandarización, los flujos de proceso por lotes representan un paso adelante en los trabajos en planta, pero no son tan estandarizados como los productos elaborados en los flujos de líneas de ensamble. En el amplio margen de productos que se encuentran en las instalaciones donde se trabaja por lotes, algunos de ellos surgen como productos repetitivos, en especial aquellos que se demandan en grandes volúmenes.

Diagrama de operaciones del proceso de elaboración de sillas



Estos pocos productos dominantes son los que hacen la diferencia entre las instalaciones donde se trabaja por lotes de las que se trabajan como simples talleres; sin embargo, ahí no existe aún la preponderancia de productos como para garantizar la existencia de equipos y procesos especiales. Por consiguiente, en las plantas donde se trabaja por lotes se fabrica una diversidad de productos, así como una gran variedad de volúmenes.

A continuación se presentan tres procesos de un sistema por lote en una empresa de alimentos donde se produce *hot dog*, chorizo, jamonada, jamón, entre otros, en los que la maquinaria que se requiere son moledoras, embutidoras, cocinas y cámaras frigoríficas para su conservación.

Diagrama de operaciones para la elaboración de embutidos

3.1.4 Diagramación de procesos

Una vez identificado el sistema de producción por aplicar, se detallará la secuencia del proceso, mediante el uso de herramientas de diagramación: en el caso de un proceso nuevo se tomará el registro sobre la base de la tecnología elegida en el proyecto; si se trata de una planta que ya se encuentra en funcionamiento se procederá a recabar información de las actividades involucradas en la producción con el fin de registrarlas, para que el proceso pueda ser comprendido, analizado y mejorado. Para ello se recomienda el uso de instrumentos de registro de información, como:

- Diagramas de sucesión de hechos.
- Diagrama de bloques.
- Diagrama de operaciones del proceso (DOP).
- Diagramas de flujo.

Ejemplos de estos diagramas aparecen en los puntos anteriores de este capítulo.

Cumplidas estas etapas previas, se procederá a la planificación de las facilidades del estudio de la disposición de planta.

PROBLEMAS PROPUESTOS

1. Una empresa desea conocer la demanda de un nuevo cereal que espera lanzar al mercado. Para ello ha tomado información de una empresa competidora de quien tiene información histórica de los últimos 8 años.

Año	Demanda histórica (miles de bolsas de 500gr)
1995	56.320
1996	70.000
1997	86.000
1998	81.500
1999	90.980
2000	89.750
2001	125.008
2002	159.871

Si además se ha observado que la empresa competidora solo tiene una participación en el mercado del 35%, mientras otras dos ofertantes tienen el 42% del mercado, ¿cuál sería la demanda proyectada disponible para el proyecto de la nueva planta para los próximos 5 años?

2. La empresa "Vaquitas Contentas" ha realizado un estudio de la demanda de sus productos en la planta de cárnicos.

Un estudio realizado desde el año 1 hasta el año 7, determinó que el comportamiento de la demanda de cada producto podría representarse con un tipo de regresión en particular, de la siguiente forma:

Producto	Tipo de regresión	r	a (independiente)	b
Hot dog	Lineal	0.996	-507.600	974.200
Jamonada	Lineal	0.992	715.500	559.900
Chorizo	Logarítmica	0.985	270.000	0.151
Jamón del país	Logarítmica	0.965	452.300	0.103
Chicharrón de prensa	Lineal	0.975	-4.890	34.800

Si se quiere hacer el estudio para el año 10, presente la proyección de la demanda.

Capítulo

2 *Localización de planta*

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- Definición
- Causas de los problemas relacionados con la localización
- Ubicaciones posibles
- Análisis de los factores de localización
- Niveles de localización
- Fases de análisis de localización
- Métodos de evaluación de localización
- Decisiones finales para la localización

El propósito de este capítulo es orientar al proyectista para la adecuada selección de la localización de las instalaciones. En primer lugar se presenta la relación de factores que deberán contemplarse para tomar una buena decisión. En segundo término se exponen algunas metodologías para la evaluación de alternativas de ubicación.

1. Definición

El concepto de la localización de una planta industrial se refiere a la ubicación de la nueva unidad productora, de tal forma que se logre la máxima rentabilidad del proyecto o el mínimo de los costos unitarios.

Los elementos más importantes que se consideran en un análisis de localización son:

- La suma de los costos de transporte de las materias primas hacia la planta y de los productos acabados hacia el mercado.
- La disponibilidad y los costos relativos a los insumos.
- Acceso a la infraestructura industrial: caminos de acceso, abastecimiento de energía, abastecimiento de agua, etc.
- Servicios de transporte: carreteras, ferrocarriles, puertos, aeropuertos, etc.
- Estímulos fiscales, leyes y reglamentos, condiciones generales de vida.

2. Causas de los problemas relacionados con la localización

En general, una planta industrial que ya viene operando en un lugar, no realiza estudios de localización de planta y se adapta a las condiciones del entorno. Sin embargo, esa situación no se puede mantener ante un mercado globalizado y dinámico, que muchas veces obligan a la empresa a cuestionar su actual localización debido a causas como:

- Un mercado en expansión.
- La introducción de nuevos productos o servicios.
- Una contracción de la demanda.
- El agotamiento de las fuentes de abastecimiento.

- La obsolescencia de una planta de fabricación.
- La presión de la competencia.
- Las fusiones y adquisiciones entre las empresas.

Los problemas de localización de instalaciones que generalmente se enfrentan son:

- Localización de una sola instalación.
- Localización de fábricas, oficinas administrativas y almacenes.
- Localización de comercios competitivos.

3. Ubicaciones posibles

Para los fabricantes, la ubicación de instalaciones se divide en dos categorías generales: instalación de la fábrica y de los almacenes. Con base en estas categorías, el interés puede ser ubicar primero la fábrica o almacén de la empresa o ubicar una nueva fábrica o almacén en relación con instalaciones existentes.

Actualmente la selección de una adecuada localización es un factor estratégico, que influye en los resultados del negocio, determinando en muchos casos su éxito o fracaso.

El objetivo general de elegir la ubicación es seleccionar el lugar o la combinación de lugares que minimice tres tipos de costos: los regionales, que tienen que ver con la localidad e incluyen terreno, construcción, personal, impuestos y costo de la energía; los relativos a la distribución de salidas, que se presentan al enviar productos a vendedores al menudeo o mayoreo, y a otras plantas de la cadena productiva. El tercer tipo de costos es el referido a la distribución de entradas, es decir a la disponibilidad y costo de las materias primas y de los suministros, así como al tiempo necesario para adquirir estos insumos. La ubicación de la planta inicial normalmente se debe al contexto histórico de la empresa, por lo que el análisis económico de la ubicación de instalaciones se centra en el problema de añadir almacenes o fábricas a la cadena de producción y distribución existente.

La metodología de localización que se recomienda es la determinación previa de posibles ubicaciones (zonas geográficas o ciudades) sobre la base de los siguientes factores preliminares:

- Proximidad a las materias primas.
- Cercanía al mercado.
- Requerimientos de infraestructura industrial (caminos de acceso, energía, agua) y condiciones socioeconómicas (la eliminación de desechos, la disponibilidad de mano de obra, entre otros).

Sobre la base de estos factores preliminares se determinan tres o cuatro ubicaciones que denominaremos las ciudades A, B, C, etc. Luego se procederá con más detalle a un análisis de los factores de localización definitivos en relación con las tres o cuatro ubicaciones determinadas previamente.

4. Análisis de los factores de localización

Los factores de localización para este análisis pueden ser muy variados, dependiendo de la naturaleza del proyecto industrial que está en estudio. Tentativamente, señalamos a continuación los 11 factores de localización más utilizados:

4.1 Proximidad a las materias primas o insumos

Comparar distancias entre las ubicaciones predeterminadas con relación a las principales fuentes de insumos será conveniente revisar:

- La disponibilidad de la materia prima o insumo.
- Diversidad y reservas probadas.
- Dispersión de las fuentes de insumos.
- Ubicación de industrias conexas y servicios auxiliares.
- El costo de las materias primas o insumos.

4.2 Cercanía al mercado

Analizar las distancias entre una de las ubicaciones preliminares de producción y los principales mercados. Deberá tomarse en cuenta:

- El potencial del mercado.
- La dispersión.
- Capacidad de compra.

4.3 Disponibilidad de mano de obra

En relación con cada ubicación predeterminada analizar:

- El tipo de empleados y el grado de capacitación.
- El costo de la mano de obra.
- La calificación de los trabajadores y su disponibilidad.

4.4 Abastecimiento de energía

Analizar para cada ubicación:

- Electricidad suministrada por empresas públicas o privadas:
  - Energía disponible (Kva).
  - Tensión (V) alta o baja.
  - Punto de conexión (distancia al emplazamiento).
  - Precios (tarifas).
- Aceite combustible
  - Cantidad disponible.
  - Calidad (KJ/kg).
  - Fuente (estación de suministro, refinería, otros).
  - Precio.

- Carbón, coque, gas
  - Cantidad disponible.
  - Calidad (KJ/kg).
  - Fuente.
  - Precio.

4.5 Abastecimiento de agua

- Características
  - Contenido disuelto: dureza, corrosividad, gases.
  - Sólidos en suspensión.
  - Temperatura: máxima y mínima anual.
  - Presión: máxima, mínima.
- Fuentes
  - Empresas públicas: cantidad máxima obtenible, lugar de conexión posible, diámetro y material de la red existente, presión, precio.
  - Aprovechamiento de fuentes superficiales (ríos), fuentes subterráneas, afluentes regenerados.

  Esto supone la realización de estudios de la capa freática, examen de derechos ribereños, adjudicaciones, tratamiento de efluentes para su recuperación.
  Entre los métodos de tratamiento están la remoción de materias en suspensión, la remoción de materias disueltas y el tratamiento biológico de efluentes.

4.6 Servicios de transporte

Analizar para cada caso en estudio:

- Carreteras
  - Ancho de las carreteras y puentes.
  - Carga admisible.
  - Alturas de paso bajo los puentes.
  - Tipos de carreteras (asfaltadas, afirmadas, otros).
  - Cierre por causas estacionales.
  - Red de carreteras (indicar en mapas).
- Ferrocarril
  - Red de ferrocarriles (indicar en mapas).
  - Ancho y perfil de la vía.
  - Capacidad del material rodante (cargas, cantidades).
  - Instalaciones de carga y descarga.
  - Restricciones de tráfico a causa de condiciones estacionales.
  - Depósitos y almacenes.
  - Tarifas.
- Transporte acuático
  - Sistema de ríos, puertos (indicar en mapas).
  - Ancho y profundidad de canales y ríos.

- Capacidad de las embarcaciones.
- Instalaciones de carga y descarga.
- Depósitos y almacenes.
- Tarifas.

- Transporte aéreo
  - Tipo de instalación (aeropuerto, pista de aterrizaje y despegue).
  - Longitud de las pistas.
  - Depósitos y almacenes.
  - Tarifas.
- Servicios de transporte de pasajeros
  - Autobuses, trenes, otros.

4.7 Terrenos

- Ubicación de los terrenos
  - Dirección (distrito, ciudad, calle, número).
  - Plantas vecinas (nombre, dirección, tipos de industria).
- Descripción de los terrenos
  - Dimensiones (largo y ancho).
  - Altura sobre el nivel del mar.
  - Orientación geográfica.
  - Topografía.
  - Resistencia mecánica de suelos.
  - Derechos de paso existentes (agua, línea de distribución de energía, carreteras, etc.).
- Precio de bienes raíces

4.8 Clima

- Temperatura ambiente
  - Temperatura máxima, mínima y media diaria, anual y en 10 años.
- Humedad
  - Humedad máxima, mínima y media diaria, anual y en 10 años.
- Horas de sol
  - Horas diarias de sol en un año y en 10 años.
- Vientos
  - Dirección y número de días (diagrama de vientos reinantes).
  - Dirección y velocidad máxima.
  - Vientos destructores (huracanes u otros).
- Precipitación atmosférica (lluvia, nieve)
  - Duración y altura de la precipitación atmosférica (máxima, mínima, media) en una hora, en un día, en un mes, en un año, en 10 años.
  - Condiciones extremas (granizada, tormentas, otros).

- Polvo y emanaciones
  - Vientos con polvos (duración, dirección, velocidad, contenido de partículas por m^3 de aire).
  - Arenas de arrastre.
  - Emanaciones de plantas vecinas.
- Inundaciones provenientes de fuentes superficiales
  - Altura, duración y temporada de inundaciones.
- Terremotos
  - Magnitud según escalas internacionales (ejemplo: escala de Ritcher).
  - Frecuencia.

4.9 Eliminación de desechos

- Vertederos:
  - Tipo, ubicación, acceso, transporte público.
- Sistema de alcantarillado
  - Tipo (aguas de lluvias, mixto), diámetro y material de las tuberías de la red, punto de enlace, desechos.
- Planta de tratamiento de aguas negras
  - Tipo, ubicación.

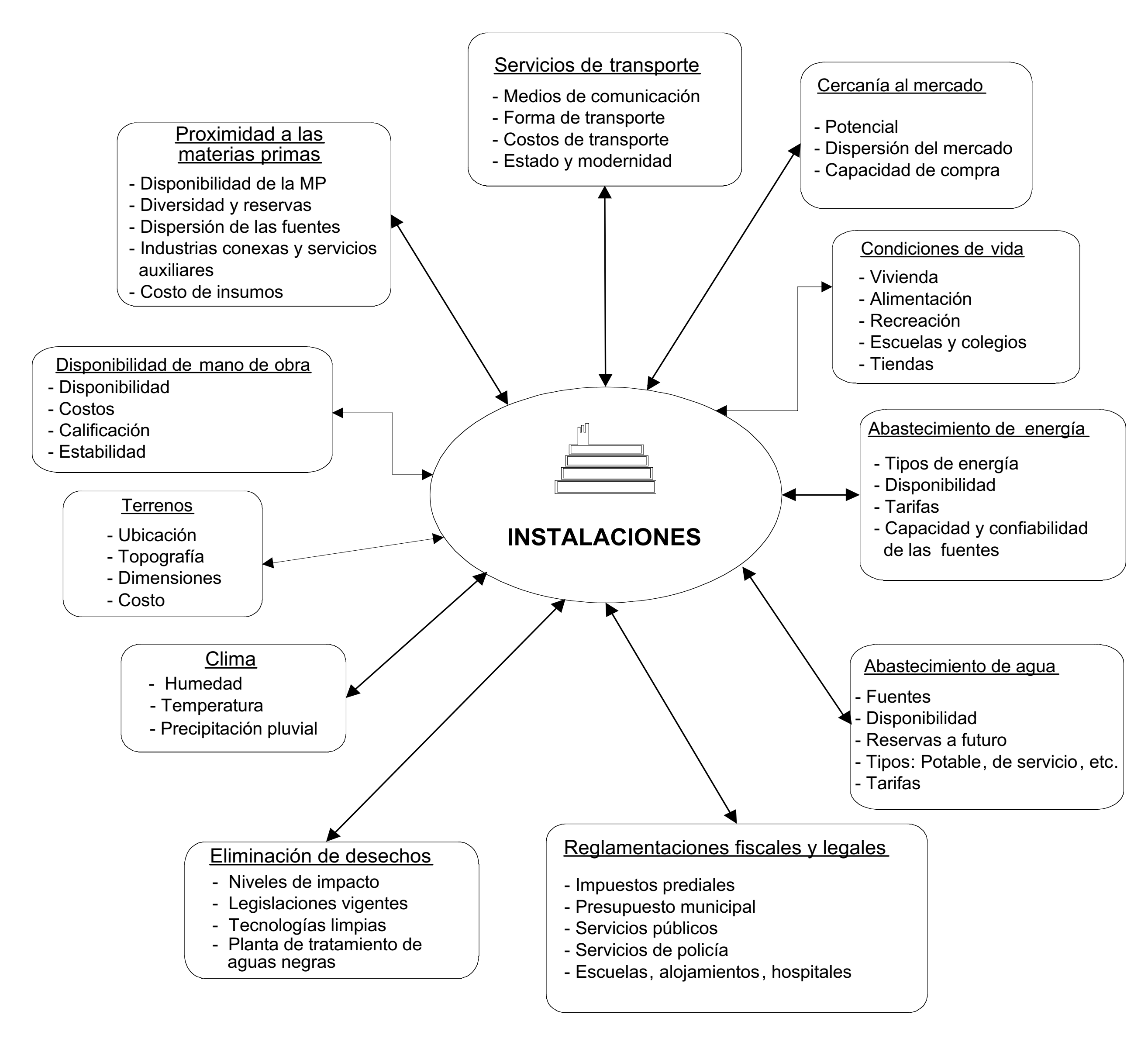
El estudio de localización debe contemplar los aspectos ambientales relacionados con sus procesos y los posibles impactos que podrían tener en la localización seleccionada. Este es, principalmente, un tema de responsabilidad social, pero que tiene implicancias económicas para la aprobación del proyecto.

4.10 Reglamentaciones fiscales y legales

- Autoridades (locales, regionales, nacionales)
- Reglamentaciones fiscales
  - Impuestos, aduanas, tasas de depreciación, etc.
- Reglamentaciones legales
  - Legislación sobre edificaciones, restricciones, reglamentaciones de seguridad, leyes de compensación, incentivos, normas.
- Seguros
  - De incendio, accidente, responsabilidad civil, inundaciones y daños ocasionados por tormentas.
  - Obligaciones de mantener instalaciones y servicios médicos en el lugar de la planta.

4.11 Condiciones de vida

- Vivienda: disponibilidad y tarifa de alquiler.
- Alimentación: abastecimiento continuo y precios.
- Recreación: facilidades deportivas, cines, teatro, conciertos.
- Escuelas y colegios: bibliotecas, academias, universidades.
- Iglesias y lugares de culto.
- Tiendas.



Factores de localización

5. Niveles de localización

La localización de las instalaciones de una planta tiene diferentes niveles de decisión, dependiendo del carácter del estudio, esto es, si se está desarrollando un perfil de proyecto, un estudio de prefactibilidad o un estudio de factibilidad.

Estos niveles pueden ser: macrolocalización, microlocalización y localización propiamente dicha.

En muchos casos la macrolocalización no es necesaria y se define previamente, en general, dependerá del nivel de detalle que requiera el estudio en curso.

- Macrolocalización: Se relaciona con los aspectos sociales y nacionales de desarrollo, toma en consideración las condiciones regionales de la oferta y la demanda y posibilidades de infraestructura.
  La macrolocalización podrá ser:
  - Internacional
  - Nacional
  - Regional
- Microlocalización: Se incide en el análisis de detalles relacionados con los recursos de la región y la comparación de componentes de costo.
  Para la microlocalización se evaluará dentro de:
  - La región
  - El departamento
  - La provincia
  - La ciudad
- Localización propiamente dicha: Se estudia las condiciones del lugar de ubicación, costo del terreno, reglamentaciones municipales y facilidades. Se refiere a:
  - Ubicación en un área específica.

6. Fases de análisis de localización

- Análisis preliminar.
- Búsqueda de alternativas de localización.
- Evaluación de alternativas.
- Selección de la localización.

6.1 Análisis preliminar

En esta parte se trata de estudiar las estrategias empresariales y las políticas de las diversas áreas (operaciones, marketing, etc.), para traducirlas en requerimientos para la localización de las instalaciones.

6.2 Búsqueda de alternativas de localización

Se establece un conjunto de localizaciones candidatas para un análisis más profundo, rechazándose aquellas que claramente no satisfagan los factores dominantes de la empresa.

En una determinación previa se considerará:

- Proximidad a las materias primas.
- Cercanía al mercado
- Requerimientos de infraestructura industrial

6.3 Evaluación de alternativas (análisis detallado)

En esta fase se recoge toda la información acerca de cada localización para medirla en función de cada uno de los factores considerados.

6.4 Selección de la localización

A través de análisis cuantitativos o cualitativos se compararán entre sí las diferentes alternativas para determinar una o varias localizaciones válidas.

7. Métodos de evaluación de localización

Debido a los factores que se presentan en el análisis de localización, teniendo en consideración que la localización particular de cualquier empresa va a depender de las características del producto y del mercado al cual está dirigido, se hace difícil plantear un método universal que proponga una solución óptima y final para más proyectos, razón por la cual hay una variedad de métodos que tienen diferentes enfoques para la evaluación. Resulta también importante considerar que existen innumerables localizaciones posibles para el proyecto, cada una de ellas diferenciada por factores de localización que en algunos casos les son favorables, haciendo ello más compleja la elección.

En el desarrollo de proyectos industriales puede aceptarse, en la etapa de estudios preliminares, un estudio de localización por métodos cualitativos; para un estudio de prefactibilidad un método semicuantitativo, y para el estudio de factibilidad del proyecto un estudio cuantitativo.

Además, aun cuando a partir de ciertos métodos se haya tomado alguna decisión de localización, difícilmente podrá decirse que es la óptima, debido a diversos factores cambiantes, teniendo en cuenta que la localización ha sido proyectada a futuro y la decisión se toma en el presente.

Otro aspecto importante de la decisión es que existen factores subjetivos que no pueden cuantificarse sin introducir una incertidumbre en la decisión, por lo que podríamos intentar efectuar un análisis probabilístico planteando hipótesis para el comportamiento de cada factor, haciendo más compleja la evaluación de localización, lo cual en la práctica no tendrá una justificación económica.

Hay que recordar, además, que las decisiones de localización son de largo plazo, basadas en estimaciones y previsiones que, por extenderse en un horizonte temporal de varios años, se hacen más imprecisas. Esto quiere decir que deberán tenerse presentes no solo las condiciones actuales en cada posible ubicación, sino en un problema de naturaleza dinámica, es decir, una buena localización para hoy puede no serlo para el futuro.

Asimismo, el éxito de una empresa no quedaría garantizado con un buen estudio de localización, pues este dependerá de las estrategias de gestión que se utilicen, siendo la localización un factor importante. A continuación se detallan los métodos de localización más comunes.

7.1 Métodos cualitativos de evaluación

7.1.1 Antecedentes industriales

Se supone que si en un área determinada existen industrias similares a la que se pretende instalar, esta zona es adecuada para el proyecto. Las limitaciones de este método son obvias, desde el momento en que se realiza un análisis estático cuando se requiere uno dinámico, para aprovechar las oportunidades entre las localidades posibles de elegir. Por ejemplo, podemos observar que en la zona de Chimbote y en el sur chico están ubicadas gran cantidad de empresas pesqueras y productoras de harina de pescado; este antecedente industrial podría ayudar a decidir alguna inversión en esos lugares.

7.1.2 Factor preferencial

Basa la selección en la preferencia personal de quien debe decidir. Así, el deseo de vivir en un lugar determinado puede relegar los factores económicos al adoptar la decisión final.

Pueden considerarse también las prioridades de desarrollo que establezca el plan nacional y orientar sus esfuerzos hacia la industrialización de una zona.

7.1.3 Factor dominante

Más que una técnica es un concepto, puesto que no otorga alternativas de localización. Es el caso de la minería o el petróleo, donde el recurso dominante define la ubicación de grandes empresas mineras como Yanacocha o la explotación del gas en camisea. Puede darse también esta situación para el caso de plantas envasadoras de agua mineral. Si el lugar no cuenta con el recurso productivo, no es posible la instalación.

7.2 Métodos semicuantitativos de evaluación

7.2.1 Método de ranking *de factores*

Es una técnica que emplea un sistema de evaluación tomando en consideración los factores de localización de planta, tales como mercado, materias primas, mano de obra, transporte, servicios, energía, y otros. De estos factores, deben relacionarse aquéllos cuya aplicación es pertinente en el caso específico.

Para desarrollar este método se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1

Hacer un listado de todos los factores de localización que sean importantes para el sector industrial en estudio.

Paso 2

Analizar el nivel de importancia relativa de cada uno de los factores y asignarles una ponderación relativa (hi).

Para la ponderación de factores se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Incidencia del factor sobre las operaciones de la planta.
- Importancia estratégica de una buena selección.
- Proyección de su relevancia en el tiempo.

Con estos criterios deberá evaluarse la importancia relativa de cada factor con respecto a otro; para ello se utilizará una matriz de enfrentamiento. Se establece como regla lo siguiente:

- Se le asignará un valor de uno (1) a aquel factor "más importante" que el factor con el cual es comparado.
- Se le asignará un valor de cero (0) si el factor analizado es "menos importante" que el factor con el cual es comparado.
- En casos donde la "importancia es equivalente", ambos factores tendrán el valor "1" en el casillero correspondiente.
- En la columna del extremo derecho se contabilizarán los puntos para cada factor y se evaluará el porcentaje correspondiente, el cual representará la ponderación de dicho factor.

Veamos el siguiente ejemplo:

Factor	Mercado	Transporte	Mano de obra	Materia prima	Conteo	Ponderación
Mercado		1	1	1	3	37,5
Transporte	0		1	0	1	12,5
Mano de obra	0	1		0	1	12,5
Materia prima	1	1	1		3	37,5
				Total	8	100%

Nota: El análisis de ponderación se ajusta a cada caso en particular, por lo que no deben asumirse las ponderaciones halladas como patrones para otros casos.

Paso 3

Hecho el análisis anterior, elegir las posibles localizaciones que cumplan con un nivel mínimo de desarrollo de cada uno de los factores y proponerlas como alternativas de localización.

Paso 4

Estudiar cada factor y evaluar su nivel de desarrollo en cada alternativa de localización, para ello deberá tenerse información completa de cada localización con respecto a cada factor, y asignar la calificación (Cij) de cada factor en cada localidad alternativa.

Para la calificación se puede utilizar la siguiente puntuación:

Excelente	10
Muy bueno	8
Bueno	6
Regular	4
Deficiente	2

Paso 5

Luego se debe evaluar el puntaje (Pij) que deberá tener cada factor en cada localidad, multiplicando la ponderación por la calificación:

Luego:

$$Pij = h_i Cij$$

Donde:

Pij = Puntaje del factor i en la ciudad j

hi = Ponderación del factor i

Cij = Calificación del factor i en la ciudad j

Finalmente, para cada ciudad se realiza la sumatoria de los puntajes $(\sum_{i=1}^{n} Pij)$, de todos los factores (i) para la ciudad (j) evaluada.

Se determina la ciudad elegida de acuerdo con la evaluación considerando la que tenga el mayor puntaje.

Nota: Uno de los mayores problemas de este método es que no toma en cuenta la diversidad de costos que pueden presentarse para cada factor. Por ejemplo, es posible que para un factor la diferencia entre el mejor y el peor lugar sea sólo de unos cientos de dólares, y que en otro la diferencia sea de varios miles. Por ello se recomienda tener en cuenta los valores referenciales de los costos de los factores, al momento de la ponderación.

Ejemplo 1

Se está estudiando la ubicación más adecuada para una planta productora de espárragos enlatados para exportación. Luego de un análisis preliminar se han definido tres posibles lugares donde ubicarla: A, B y C. Haciendo uso del *ranking* de factores, determinar el mejor lugar donde se ubicaría la planta.

Solución

Habiendo estudiado el proceso productivo, los requerimientos de insumos y el mercado objetivo, se definieron los siguientes factores:

1. Proximidad a la materia prima.
2. Cercanía al mercado.
3. Disponibilidad de mano de obra.
4. Abastecimiento de energía.

5. Abastecimiento de agua.
6. Servicios de transporte.
7. Servicios de construcción, montaje y mantenimiento.
8. Clima.
9. Eliminación de desechos.
10. Reglamentaciones fiscales y legales.
11. Condiciones de vida.

Para ponderar los factores se ha tomado en consideración la siguiente evaluación en el cuadro de enfrentamiento.

Factores	Materia prima	Mercado	Mano de obra	Energía	Agua	Transporte	Terrenos	Clima	Desechos	Reglamentación	Servicios	Vida	Conteo	Real %	Ponderación
Materia prima		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	16,92	17
Mercado	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	15,38	15
Mano de obra	0	0		1	0	1	1	1	1	1	1	1	8	12,30	12
Energía	0	0	0		0	1	1	1	1	1	1	1	7	10,77	11
Agua	0	0	1	1		1	1	1	1	1	1	1	9	13,85	14
Transporte	0	0	0	0	0		1	1	1	1	0	1	5	7,69	8
Servicios	0	0	0	0	0	0		1	0	1	0	0	2	3,07	3
Clima	0	0	0	0	0	0	0		0	1	0	1	2	3,07	3
Desechos	0	0	0	0	0	0	1	0		0	1	0	2	3,07	3
Reglamentación	0	0	0	0	0	0	0	1	0		0	1	2	3,07	3
Cercanía a puertos, aeropuertos	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1		1	5	7,69	8
Condiciones de vida	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0		2	3,07	3

Cuadro de enfrentamiento

Luego se desarrolla la tabla de *ranking* de factores:

Factores de localización	**Pond. %**	**Ciudad A**		**Ciudad B**		**Ciudad C**	
		Calif.	**Punt.**	**Calif.**	**Punt.**	**Calif.**	**Punt.**
1. Proximidad a la materia prima	17	8	136	4	68	6	102
2. Cercanía al mercado	15	6	90	6	90	4	60
3. Disponibilidad de mano de obra	12	10	120	8	96	8	96
4. Abastecimiento de energía	11	10	110	8	88	6	66
5. Abastecimiento de agua	14	4	56	8	112	4	56
6. Servicios de transporte	8	8	64	6	48	4	32
7. Servicios de construcción, montaje y mantenimiento	3	6	18	8	24	8	24
8. Clima	3	4	12	6	18	6	18
9. Eliminación de desechos	3	2	6	8	24	6	18
10. Reglamentación fiscales y legales	3	6	18	10	30	10	30
11. Cercanía a puertos, aeropuertos	8	10	80	4	32	2	16
12. Condiciones de vida	3	8	24	6	18	6	18
Total	100		734		648		536

Tabla de *ranking* de factores

Conclusión

De acuerdo con el resultado se elegirá la ciudad A como la más adecuada para la localización de planta.

7.2.2 Método de Brown y Gibson

Marco teórico

El método consta de cuatro etapas:

- Asignar un valor relativo a cada factor objetivo *FO*, para cada localización alternativa.
- Estimar un valor relativo de cada factor subjetivo *FS*, para cada localización alternativa.
- Combinar los factores objetivos y subjetivos, asignándoles una ponderación relativa, para obtener una medida de preferencia de localización *MPL*.
- Seleccionar la ubicación que tenga la máxima medida de preferencia de localización.

La aplicación del modelo en cada una de sus etapas lleva a desarrollar la siguiente secuencia de cálculo:

a) Cálculo del valor relativo de los FO_i, normalmente los valores objetivos son posibles de cuantificar en términos de costo, lo que permite calcular el costo total anual de cada localización C_i. Luego, el FO_i se determina al dividir el recíproco del costo de cada lugar $1/C_i$ por la suma de los recíprocos de los costos de todas las localizaciones.

Vale decir:

$$FOi = \frac{1/Ci}{\sum_{i=1}^{n} 1/Ci} \qquad (1)$$

Ejemplo:

En un proyecto se han identificado tres localizaciones que cumplen con todos los requisitos exigidos. En todas ellas, los costos de mano de obra, materias primas y transportes son diferentes, el resto de los costos son iguales (energía, impuestos, distribución, etcétera).

Si los costos anuales fuesen los del cuadro 1, el FO_i se obtendría con los datos ($1/C_i$) que se indican en el mismo cuadro.

Costos anuales (millones)						
Ciudad	**Mano de obra**	**Materia prima**	**Transporte**	**Otros**	**Total**	**Recíproco (1/C)**
A	9,1	10,7	3,2	7,5	30,5	0,03279
B	9,7	10,3	3,8	7,5	31,3	0,03195
C	8,9	11,8	3,9	7,5	32,1	0,03115
Total						0,09589

El factor de calificación se obtiene mediante la sustitución de los valores determinados en la ecuación 1.

De esta forma, los factores objetivos de calificación son:

FO_A=0,03279/0,09589=0,34193
FO_B=0,03195/0,09589=0,33319
FO_C=0,03115/0,09589=0,32488

Al ser siempre la suma de los FO_i, igual a 1, el valor que asume cada uno de ellos es siempre un término relativo entre las distintas alternativas de localización.

b) *Cálculo del valor relativo de los FS_i*. El carácter subjetivo de los factores de orden cualitativo hace necesario asignar una medida de comparación que valore los distintos factores en orden relativo, mediante tres subetapas:

- Determinar una calificación W_i para cada factor subjetivo mediante comparación de dos factores. Según esto, se escoge un factor sobre otro, o bien ambos reciben igual calificación. Para ello se realiza una tabla de enfrentamiento.

  Si para el ejemplo planteado anteriormente el clima es un factor muy importante para este proyecto, siendo la vivienda y la educación equivalentes, tendremos la siguiente tabla:

Factor	Clima	Vivienda	Educación	Total		W_j
Clima		1	1	2	2/4	0,50
Vivienda	0		1	1	1/4	0,25
Educación	0	1		1	1/4	0,25
Total				4		

Calificación para W_j

Más importante	1
Menos importante	0
Igual importante	1 (ambos)

Calificación para R_{ij}

Excelente	2
Bueno	1
Deficiente	0

- Dar a cada localización una ordenación jerárquica R_{ij} en función de cada factor subjetivo.

  Para hallar el valor R_{ij} se utilizará la calificación que se muestra en el cuadro. Se elabora un cuadro para cada factor, calificando cada una de las localizaciones alternativas y determinando finalmente Rij, que es igual a la calificación de la localización entre la sumatoria de las calificaciones.

  El clima en A y B es excelente pero en C deficiente.

  La vivienda presenta buenas condiciones en B y C pero deficiente en A.

  El nivel de educación de A es deficiente, en B es bueno y en C excelente.

  La determinación de R_{ij} por cada factor subjetivo se muestra en los cuadros de la derecha.

Clima		
Localidad	Calificación	R_{ij}
A	2	0,50
B	2	0,50
C	0	0,00
	4	

Vivienda		
Localidad	Calificación	R_{ij}
A	0	0,00
B	1	0,50
C	1	0,50
	2	

Educación		
Localidad	Calificación	R_{ij}
A	0	0,00
B	1	0,33
C	2	0,67
	3	

- Para cada localización, combinar la calificación del factor W_j, con su ordenación jerárquica R_{ij}, para determinar el factor subjetivo FS_i, de la siguiente forma:

$$FSi = \sum_{j=1}^{n} WjRij \qquad (2)$$

Cálculo de FS para cada localidad

Siendo los factores subjetivos relevantes el clima, la vivienda y la educación.

$$FS_i = W_1R_{i1} + W_2R_{i2} \ldots + W_nR_{in} \qquad (3)$$

Al reemplazar por los valores

FS_A=(0,50)(0,50)+(0,25)(0,00)+(0,25)(0,00)=0,2500
FS_B=(0,50)(0,50)+(0,25)(0,50)+(0,25)(0,33)=0,4575
FS_C=(0,50)(0,00)+(0,25)(0,50)+(0,25)(0,67)=0,2925

Como puede observarse, la suma de los tres resultados es igual a uno.

c) *Cálculo de la medida de preferencia de localización MPL*. Una vez valorados en términos relativos los factores objetivos y subjetivos de localización, se procede a calcular la medida de preferencia de localización mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$MPL_i = K(FO_i) + (1-K)(FS_i) \qquad (4)$$

La importancia relativa diferente que existe, a su vez, entre los factores objetivos y subjetivos de localización hace necesario asignarle una ponderación K a uno de los factores y 1-K al otro, de tal manera que se exprese también entre ellos la importancia relativa.

Si se considera que los factores objetivos son tres veces más importantes que los subjetivos, se tiene que K=3(1-K). O sea, K=0.75.

Reemplazando los valores obtenidos para los FO_i y los FS_i en la fórmula 4, se determinan las siguientes medidas de preferencia de localización:

MPL_A=(0,75)(0,34193)+(0,25)(0,2500)=0,31895
MPL_B=(0,75)(0,33319)+(0,25)(0,4575)=0,36427
MPL_C=(0,75)(0,32488)+(0,25)(0,2925)=0,31678

d) *Selección de lugar*. De acuerdo con el método de Brown y Gibson, la alternativa elegida es la localización B, puesto que recibe el mayor valor de medida de ubicación.

7.2.3 El análisis dimensional

Es un procedimiento de selección de una localización basado en la eliminación sistemática de una entre dos alternativas comparadas.

Pasos:

- Definir todos los factores relevantes de la localización, determinando si se utilizará un elemento de costo o un puntaje como unidad de medida. Si es costo, este se asignará a las dos alternativas; si es por puntaje se le asignará en una escala cualquiera (del 1 al 10, por ejemplo) que manifieste la posición relativa entre alternativas.

  S_{ij} = puntaje o costo de la localización j (j = 1, 2, 3, ... n, donde n es el número de factores considerados relevantes para la decisión).
- Se asigna un orden prioritario a los factores de localización.

  P_j = ponderación relativa de los factores j,
- Luego evaluar:

  $$\pi_{j=1}^{n}\left[\frac{SA_j}{SB_j}\right]^{P_j}$$

  π es la multiplicatoria
  A y B son las dos localidades que se comparan.
- Si el resultado de la ecuación es mayor que uno, los méritos de B son más que los de A.
  Si el resultado es menor que uno, la localización A es mejor.
  Si es uno, se puede optar por cualquiera de las alternativas (este comportamiento se considera siempre que la comparación sea de costos; es a la inversa si se comparan beneficios).
- Si existen factores adicionales que no pueden ser introducidos en el análisis con un costo, se le asigna el menor puntaje a la mejor alternativa.
  Si se están comparando beneficios se le asignará el mejor puntaje a la mejor alternativa.

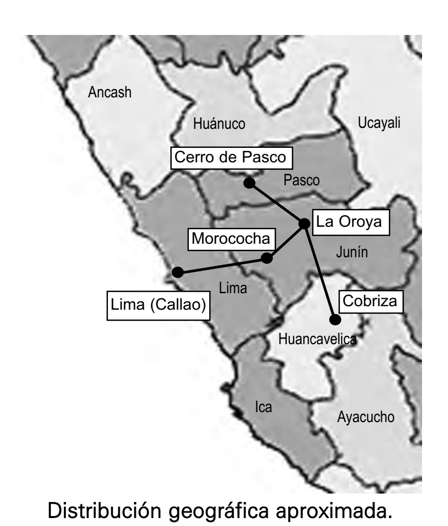
Ejemplo 2

La empresa Minera Andina S.A. quiere instalar un almacén central para sus productos finales. Ha recibido un estudio preliminar que le da tres opciones de ubicación del almacén: La Oroya, Morococha y el Callao.
Se cuenta con la siguiente información:

- La empresa cuenta con tres minas de las cuales se extraen minerales tales como cobre, plomo, zinc, etc.; en cada una de ellas cuenta con una concentradora de minerales que separan el mineral del resto de material estéril.

  Las concentradoras son:
  Cerro de Pasco (A)
  Cobriza (B)
  Morococha (C)

- Los concentrados de (A) y (B) se llevan a la fundición de La Oroya para obtener minerales altamente refinados, los concentrados de (C) son requeridos por otras fundiciones pequeñas de Lima.
- La distribución geográfica aproximada es la que muestra la figura.
- El 85% de la producción de esta empresa es para exportación, haciéndose todas las negociaciones de venta directamente con la oficina de Lima, que se ubica en el distrito de San Borja, y con la Oficina Central de Logística, que se encuentra en el mismo distrito.
- Todos los minerales para exportación se embarcan en el puerto del Callao, en donde pasan todos los controles y verificaciones.
- Los costos de terreno son US$80/m^2 en Morococha, US$120/m^2 en La Oroya y US$450/m^2 en el Callao.
- El personal que operaría el almacén en Lima sería personal especializado, el que de trabajar en provincia cobraría un porcentaje adicional sobre sus salarios por riesgo de supervivencia y por altura, el cual llegaría al 10% en Morococha y al 25% en La Oroya. Se puede tomar como referencia un salario básico de S/.800 mensuales.
- Si el almacén se instala en La Oroya o Morococha, la empresa se encargará de dotar a los familiares de los trabajadores de casa, colegio, atención médica, etc., que representan un costo aproximado de S/.220 por trabajador en el primer caso y de S/.250 en el segundo. En Lima, por estos mismos conceptos solo se consideraría un pago adicional de S/.150 por trabajador.
- Para la selección la empresa ha considerado algunos factores a los cuales les ha asignado la ponderación que se indica a continuación:



Distribución geográfica aproximada.

Factor	Ponderación
Facilidad de la gestión logística	3
Cercanía al puerto de embarque	4
Costo del terreno	2
Costo de mano de obra	4
Costo de servicios al trabajador	2
Cercanía a las concentradoras	3

Nota: La ponderación ha sido asignada entre el rango 1 y 5.

Solución

Factor	Carácter	Ponderación	Puntaje por localización La Oroya	Morococha	Callao
Facilidad de gestión logística	Puntaje	3	4	3	2
Cercanía al puerto de embarque	Puntaje	4	8	5	1
Costo de terreno	Costo	2	120	80	450
Costo de mano de obra	Costo	4	1.000	880	800
Costo de servicios al trabajador	Costo	2	250	220	150
Cercanía a las concentraciones	Puntaje	3	2	4	7

Evaluando la multiplicatoria de las dos primeras alternativas, La Oroya y Morococha, tenemos:

$$\underset{i=1}{\overset{6}{\pi}}\left(\frac{SO_j}{SM_j}\right)^{Pj} = \left(\frac{4}{3}\right)^3\left(\frac{8}{5}\right)^4\left(\frac{120}{80}\right)^2\left(\frac{1000}{880}\right)^4\left(\frac{250}{220}\right)^2\left(\frac{2}{4}\right)^3$$

= (2,37)(6,55)(2,25)(1,67)(1,29)(0,13)
= 9,41

De esta evaluación se concluye que Morococha es una mejor localización que La Oroya.

Evaluando la multiplicatoria entre Morococha y Callao

$$\underset{i=1}{\overset{6}{\pi}}\left(\frac{SM_j}{SC_j}\right)^{Pj} = \left(\frac{3}{2}\right)^3\left(\frac{5}{1}\right)^4\left(\frac{80}{450}\right)^2\left(\frac{880}{800}\right)^4\left(\frac{220}{150}\right)^2\left(\frac{4}{7}\right)^3$$

= (3,38)(625)(0,03)(1,46)(2,15)(0,19)
= 39,18

Conclusión

La mejor alternativa de localización será entonces el Callao.

7.3 Métodos cuantitativos de evaluación

7.3.1 Centro de gravedad

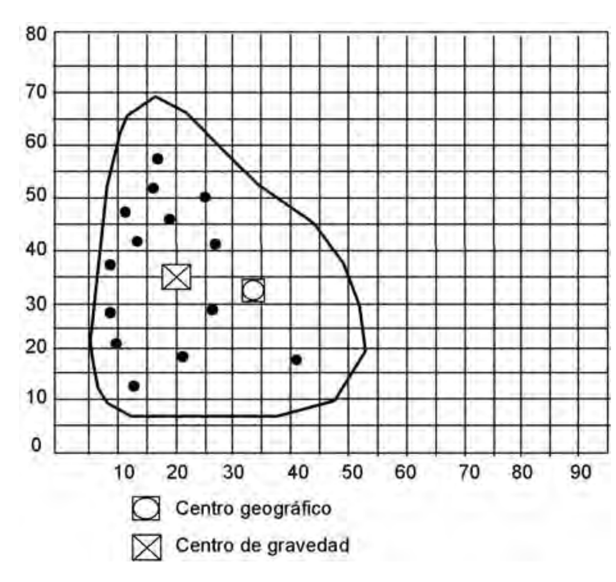
Se determina en función de la amplitud del mercado de acuerdo con el número de unidades demandadas por localidad.

La elección de un sitio en especial puede ser determinada por aquel centro de mercado que permita un costo mínimo de distribución.

Para el uso de este método debe considerarse que los medios de transporte deben tener condiciones equivalentes en el área geográfica en estudio.

Este método es una aplicación particular de la ley física de la gravedad universal a los fenómenos del mercado.

Una masa cualquiera M ejerce fuerzas o tensiones distintas sobre dos puntos cualesquiera como A y B; dado

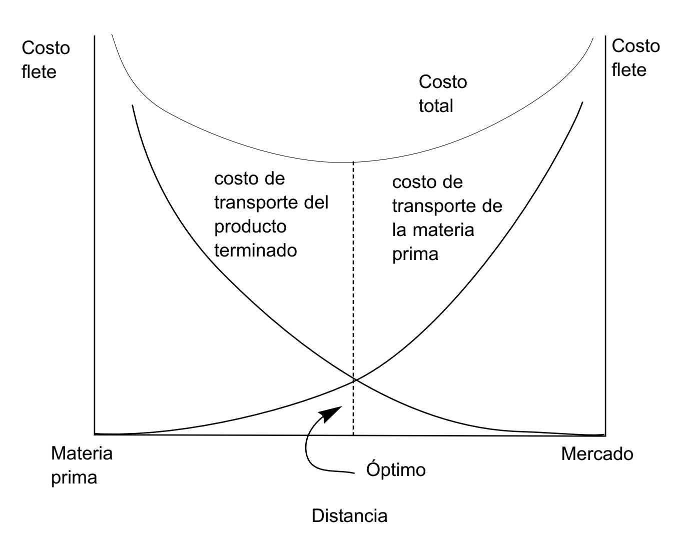


Método del centro de gravedad

que dichos puntos están a diferentes distancias de la masa M, a mayor distancia menor será la fuerza que la masa ejerce sobre cada punto, esto quiere decir que la fuerza será inversamente proporcional a la distancia. Si lo interpretamos como centros de venta, aquel que esté más cercano al mercado ejercerá mayor influencia sobre este.

Se puede considerar también que si dos masas distintas tales como M1 y M2, situadas a igual distancia de un punto A, ejercen diferentes fuerzas sobre este, cuanto mayor sea la masa mayor será la fuerza ejercida sobre dicho punto. Además, si cada punto posee una masa que a su vez ejerce fuerza sobre la otra masa, entonces la fuerza entre dos masas cualesquiera es directamente proporcional a la magnitud de ellas e inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias.

Aplicado al análisis de localización, este modelo asume los costos de transporte proporcionales a las distancias, y como masas generadoras de atracción o potencial a la magnitud de las poblaciones o el volumen de las actividades realizadas.



7.3.2 Evaluación del transporte

Se considera como únicos factores el costo de transporte de materia prima y del producto terminado, como se muestra en el gráfico serían los únicos costos a evaluar.

Esta evaluación puede hacerse a través de una técnica de optimización denominada el método de transporte, que permite, además, la evaluación de varios centros de producción y varios centros de demanda o de almacenamiento.

El problema del método consiste en reducir al mínimo posible los costos de transporte destinados a satisfacer los requerimientos totales de la demanda y el abastecimiento de materiales.

Se deben tomar como base los siguientes supuestos:

- Los costos de transporte son una función lineal del número de unidades embarcadas.
- Tanto la oferta como la demanda se expresan en unidades homogéneas.
- Los costos unitarios de transporte no varían de acuerdo con la cantidad transportada.
- La oferta y la demanda deben ser iguales.
- Las cantidades de oferta y la demanda no varían con el tiempo.
- No consideran más factores para la localización que los costos de transporte.

Estas suposiciones hacen que la aplicación del método sea limitada a casos muy específicos y no sea conveniente utilizarla en análisis de localización donde existen otros factores influyentes.

Para su solución se utiliza una matriz ordinaria. En las posiciones L1, L2, L3 se encuentran las localidades que abastecerán la demanda, teniendo como sitios destino M1, M2, M3.

Este estudio de costo a costo consiste en calcular objetivamente las distancias que deben recorrerse para trasladar las materias primas hasta cada una de las dos localizaciones, y las distancias hasta donde deben transportarse los productos acabados, es decir, desde cada localización hasta los mercados.

En el recuadro de cada intersección se ubicará el costo de transportar una unidad desde el sitio de origen (oferta), hasta el sitio de destino (demanda). En la parte derecha de la matriz se presentan las máximas cantidades de oferta, y en la base de la matriz se presentan las demandas máximas de cada destino.

Para que la matriz tenga solución, la suma de toda la oferta debe ser igual a la suma de toda la demanda.

Normalmente, el costo de transporte dependerá de la tarifa del flete entre los lugares y la distancia por recorrer desde el origen hasta el destino.

La presentación de la primera matriz será entonces como se muestra en el cuadro.

		Mercado			
		M1	**M2**	**M3**	
Localidad	**L1**	X_{11} 20	X_{12} 5	X_{13} 10	**40**
	L2	X_{21} 15	X_{22} 0	X_{23} 20	**60**
	L3	X_{31} 10	X_{32} 12	X_{33} 15	**50**
		80	**30**	**40**	**150**

La solución de esta matriz se realiza utilizando el modelo de Vogel de Investigación de Operaciones, buscando una solución óptima, en este caso teniendo como función objetivo la minimización de costos. El uso de software de computadora específico para estos análisis, como el Lingo, será útil para situaciones de muchas variables.

```
LINGO
min=20*x11+5*x12+10*x13+15*x21+20*x23+10*x31+12*x32+15*x33;

x11+x12+x13=40;
x21+x22+x23=60;
x31+x32+x33=50;
x11+x21+x31=80;
x12+x22+x32=30;
x13+x23+x33=40;

Global optimal solution found.
  Objective value:                    1350.000
  Total solver iterations:                   4

          Variable        Value        Reduced Cost
            X11         0.000000         10.00000
            X12         0.000000         10.00000
            X13         40.00000         0.000000
            X21         30.00000         0.000000
            X23         0.000000         5.000000
            X31         50.00000         0.000000
            X32         0.000000         17.00000
            X33         0.000000         5.000000
            X22         30.00000         0.000000
```

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	1350.000	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	-5.000000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	-10.00000
6	0.000000	5.000000
7	0.000000	-10.00000

7.3.3 Método de ponderación de costos

Muchas veces los puntajes de dos localizaciones en el "*ranking* de factores" se encuentran muy cercanos unos de otros, y, como se trata de un proceso de ponderación y calificación subjetivos, existe una razonable duda con relación a la mejor localización. En estos casos es necesario realizar un estudio de los costos de operación entre las dos localizaciones que ostentan los mayores puntajes. Los costos operativos de mayor significación son los relacionados con el transporte de las materias primas y los productos acabados.

Se deben analizar los aspectos referentes a:

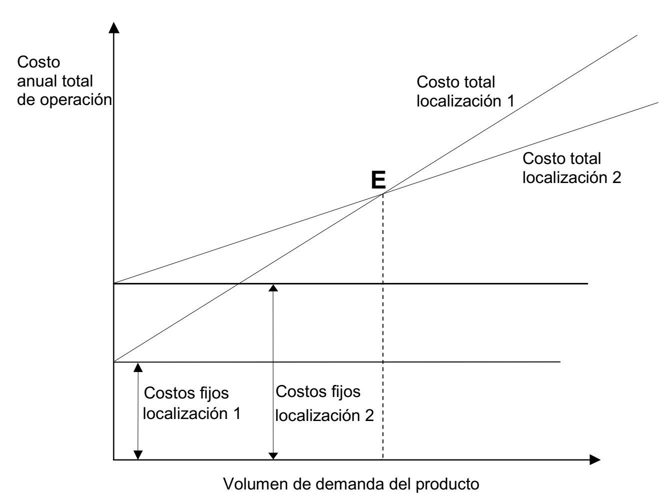
- Costos de funcionamiento:
  - Transporte: materias primas y productos terminados.
  - Mano de obra.
  - Servicios: electricidad, agua, combustible, renta, impuestos, seguros.
  - Gastos indirectos: renta, impuestos y seguros.
- Costos de construcción
  - Terreno.
  - Construcción.
  - Gastos diversos.

7.4 Usando el concepto de punto de equilibrio

Es probable que el gerente de operaciones, a pesar de conocer y entender los métodos de comparación de factores diferentes entre ubicaciones, no conozca con certeza los valores de estos, debido a que algunos de los factores están sujetos a cierto tipo de incertidumbre. Por ejemplo: la disponibilidad de mano de obra depende de los patrones de empleo de la región y la demanda de la producción depende de la economía nacional.

El modelo de equilibrio aplicado a la incertidumbre, que permite comparar los costos de las diferentes alternativas, es una técnica muy útil para manejar algunos tipos de incertidumbre.

Por ejemplo, supóngase que la variable dudosa es el nivel de la demanda del producto y el criterio de decisión es el costo anual de operación de la instalación. Se pueden comparar varias alternativas de ubicación/distribución expresando gráficamente los costos totales de operación de cada alternativa para los diferentes niveles de demanda, como se indica en la figura.



Comparación del costo entre dos alternativas de localización

Esto se lleva a cabo dividiendo el costo total de operación en dos componentes: costos fijos, que no varían con la demanda del producto (terrenos, edificios, seguros) y costos variables, como mano de obra, materiales y transporte, y marcándolos sobre los ejes de la gráfica.

En el punto de demanda E (intersección de las dos curvas), los costos de las dos alternativas son los mismos; para niveles de demanda mayores que E, la ubicación 2 es la mejor y para niveles menores que E la ubicación 1 es la mejor. Así, pues, si los límites de incertidumbre respecto del volumen de producción están enteramente arriba del punto E, el gerente no tiene que preocuparse por el lugar que debe elegir; la ubicación 2 es la mejor, del mismo modo que la ubicación 1 es la mejor para cualquier incertidumbre situada debajo del punto E.

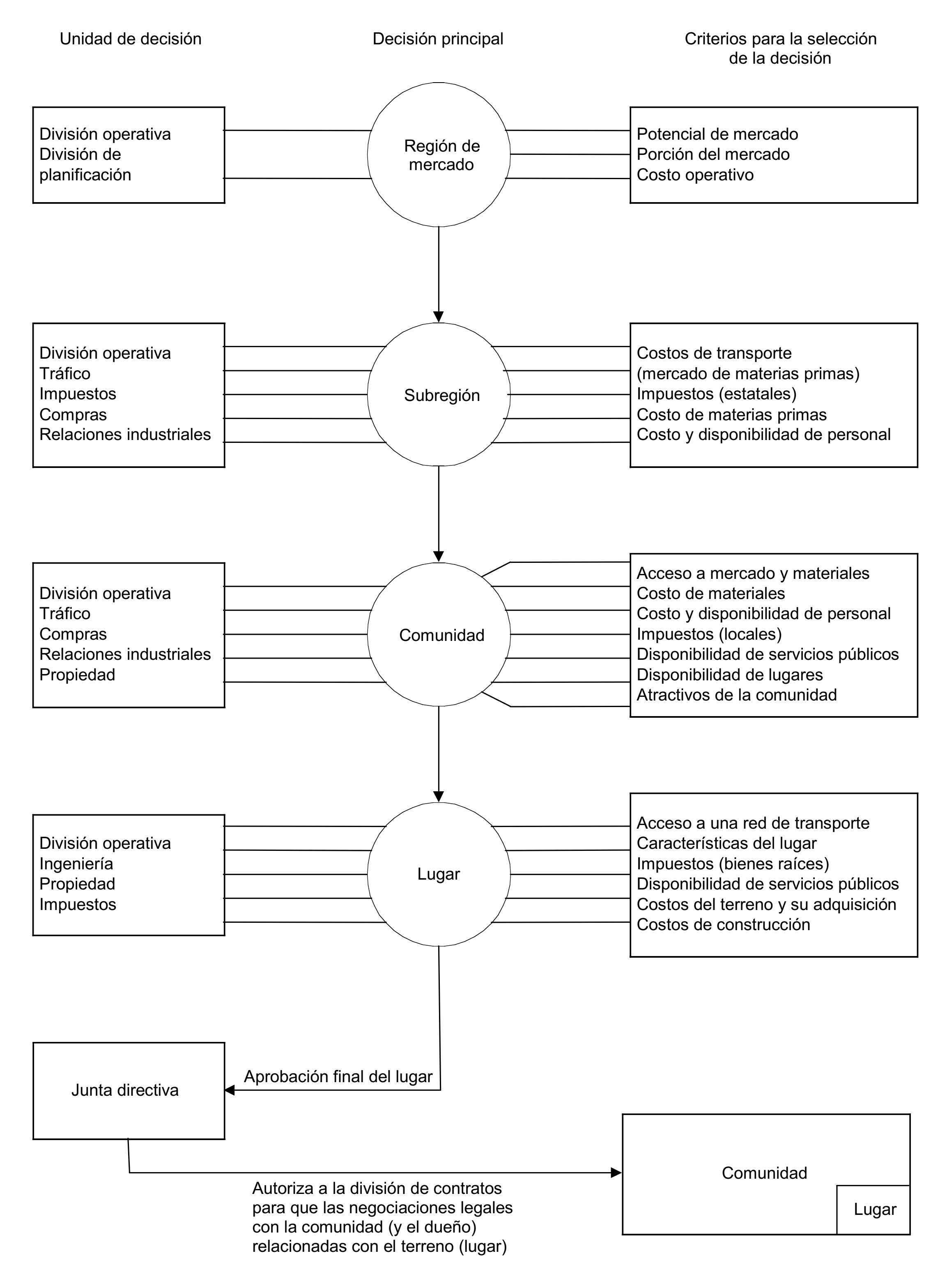
Si la incertidumbre comprende el punto E, habrá que considerar dos situaciones adicionales:

- Si los límites de incertidumbre se restringen de modo apreciable al punto E, se puede elegir cualquiera de las ubicaciones porque los costos serán aproximadamente los mismos en cualquiera de los casos.
- Si los límites de incertidumbre son amplios y varían considerablemente en ambas direcciones con respecto al punto E, la gráfica de equilibrio indica al gerente los costos adicionales en que incurre si elige la ubicación equivocada. Antes de elegir una de las dos, el gerente trata, probablemente, de obtener más información con el fin de reducir los límites de incertidumbre respecto de la demanda.

8. Decisiones finales para la localización

Cualquiera que sea el método utilizado para seleccionar la localización, una vez determinado el lugar, deberá pasarse una revisión a las decisiones para ajustar la selección y asegurarse de que todas las unidades de decisión convienen en que es la mejor selección y deberán, entonces, iniciar los estudios de ajuste y adaptación de las funciones y actividades previas al cambio de localización.

A continuación se reproduce un esquema presentado por Chase y Aquilano en su libro *Dirección y administración de la producción y de las operaciones.*



Búsqueda de planta: Compañía XYZ

Fuente: Chase y Aquilano. *Dirección y administración de las operaciones*. Delaware: Addison Wesley, 1994.

Problemas propuestos

1. Determine la mejor ubicación: Cajamarca, Arequipa o Junín, para la instalación de una planta de leche pasteurizada. Teniendo en cuenta la competencia de los productos importados, se ha decidido que el abastecimiento de la materia prima es el factor más importante. Arequipa tiene valles que permiten la crianza de ganado vacuno con ventaja respecto de Cajamarca y muy superiores a Junín. Enseguida se debe prestar atención al transporte del producto terminado al mercado limeño. El transporte representa en importancia el 80% de la materia prima. Junín tiene mayor cercanía que Arequipa y Cajamarca se encuentra más alejado que Arequipa.

Los costos de mano de obra ayudarían para ser competitivos y representan en importancia el 50% del costo de transporte. Los costos de mano de obra son mayores en Arequipa, y en Junín estos tienen un costo superior a Cajamarca. Otro factor de costo es la energía eléctrica que representa en importancia el 50% del costo de mano de obra. Junín se abastece, por su cercanía, de la hidroeléctrica del Mantaro, mientras que Arequipa tiene energía suficiente pero más cara que la de Junín. Cajamarca tiene ciertas deficiencias.

Asignar a la calificación excelente 10 puntos, a la buena 7 y a la regular 4.

2. Un grupo de inversionistas quiere instalar una planta de elaboración de bebidas gaseosas, de acuerdo con un estudio de mercado. La zona de influencia del proyecto sería la zona norte del país, comprendiendo las ciudades de Chiclayo, Trujillo, Cajamarca y Huaraz.

A continuación se presenta mayor información:

- El proyecto considera el embotellado en una presentación de 250 ml, en envases de vidrio con un peso de 250 gr, en los sabores de fresa, naranja, limón y piña. Se ha determinado que la densidad de la bebida gaseosa es de 1,2 gr/cm^3.
  Nota: No se considera el peso de las cajas de plástico.
- Las ciudades alternativas para la localización son Trujillo y Huaraz, las cuales han sido definidas por el análisis preferencial.
- El costo del flete (transporte) es de S/.0,5 por kg por cada 100 km.
  Las distancias en km entre las diferentes ciudades es la siguiente (véase tabla de la derecha):
- El estudio de mercado ha proporcionado la siguiente información:

	Chiclayo	Trujillo	Cajamarca	Huaraz
Chiclayo	—--	300	250	700
Trujillo	300	—--	220	400
Cajamarca	250	220	—--	620
Huaraz	700	400	620	—--

Ciudad	N° de habitantes (miles)	% de habitantes que consumen bebidas gaseosas
Chiclayo	580	60
Trujillo	600	50
Cajamarca	190	20
Huaraz	120	35

- El tamaño de la planta está definido para una producción máxima de 900.000 botellas por mes y se estima que solo se podrá atender al 6% de la demanda de los mercados. Se sabe, además, que el consumo de bebidas gaseosas por habitante es de 20 botellas por mes.
- La empresa se proveerá de las botellas de vidrio (vacías), no retornables, de la fábrica "Todo Vidrio S.A.", ubicada en la ciudad de Chiclayo. Esta determinación se tomó por ser una empresa del mismo grupo de inversionistas.
- La tendencia de preferencias de los clientes por los diferentes sabores es: 40% fresa, 30% naranja, 20% piña y 10% limón.
- Los requerimientos de agua en ambas localidades satisfacen las necesidades de la planta y se ha considerado que la disponibilidad del agua de pozo en Huaraz sería equivalente a la disponibilidad por redes de Trujillo.

Preguntas:

1 Determine cuantitativamente la localización más adecuada.
2 Indique y comente qué otros aspectos serían importantes para definir la localización.

3. Se tiene la necesidad de ubicar una planta productora de leche evaporada como producto principal y demás derivados lácteos. Desarrolle un análisis que le permita determinar la mejor ubicación.

Se tiene información de las cuencas lecheras de Cajamarca, Arequipa y Junín.

Se sabe que en Cajamarca y Arequipa existen valles que permiten la crianza de ganado vacuno con alguna mayor ventaja que en Junín.

La distribución de los productos buscará satisfacer las necesidades de la región y zonas aledañas.

La infraestructura de carreteras y vías de comunicación son más ventajosas en Arequipa, teniendo también facilidades en la zona de Junín y con alguna deficiencia en Cajamarca.

Con referencia a la energía eléctrica, Junín cuenta con la hidroeléctrica del Mantaro; en Arequipa hay energía suficiente para el uso de la región y las industrias que allí se establezcan; Cajamarca tiene energía que le llega de las hidroeléctricas cercanas, pero cuenta aún con ciertas deficiencias a pesar de que tiene grandes posibilidades de generación de energía a futuro.

Se debe tener en consideración que en Arequipa se encuentra ubicada la fábrica de leche Gloria y Cajamarca es proveedora de leche para la planta de Nestlé, en Lambayeque.

Si se quisiera transportar el producto al mercado limeño, geográficamente Cajamarca se encuentra más alejado que Arequipa y Junín tiene mayor cercanía.

Una finalidad de los inversionistas es desarrollar una zona descentralizada, por lo que han descartado la ubicación en Lima.

El clima en las tres ciudades es favorable para la crianza de ganado y el desarrollo de una industria de este tipo.

Los costos de mano de obra son mayores en la ciudad de Arequipa. La mano de obra de Junín tiene un costo ligeramente superior al de Cajamarca.

4. A la empresa consultora Matrix S.A. se le ha solicitado recomendar la mejor ubicación para un supermercado que la transnacional de tiendas El Gran Cortés desea ubicar en el país. Para ello ha considerado que el nivel adquisitivo de la clientela es el factor más importante. Asimismo, los costos de transporte tendrán un 70% de importancia con respecto al nivel adquisitivo.

Los impuestos son un factor relevante y su importancia ha sido determinada como un 50% con respecto a los costos de transporte, mientras que el tamaño del mercado tiene un 80% de importancia de acuerdo con el nivel adquisitivo.

La factibilidad de acceso es también un factor vital, por lo que se ha considerado con la misma importancia que el nivel adquisitivo de la clientela. Las ubicaciones propuestas para este gran supermercado son La Molina, San Isidro, Surco y San Miguel. Se ha efectuado una clasificación por ubicación y el resultado se muestra en el cuadro.

Factor	Ubicación			
	La Molina	San Isidro	Surco	San Miguel
Nivel adquisitivo	Excelente	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
Costo de transporte	Regular	Bueno	Regular	Muy bueno
Impuestos	Regular	Regular	Bueno	Regular
Tamaño de mercado	Deficiente	Muy bueno	Muy bueno	Excelente
Facilidad de acceso	Bueno	Deficiente	Muy bueno	Regular

Indique usted, luego de un análisis de los factores, cuál será la ubicación recomendada.

5. Por *ranking* de factores se han definido tres alternativas de localización de planta, alcanzándose puntajes muy similares que no permiten una clara definición para la ubicación de la planta en las ciudades A, B o C.

Con la finalidad de aplicar el método costo-costo se ha efectuado un levantamiento de la siguiente información. (Véase tabla 1)

El peso de cada unidad producida es de 1,5 kg.

La materia prima es abastecida de las ciudades D y E, y se sabe que la relación en peso de materia prima a producto terminado es de 3 a 1, cada ciudad aporta el siguiente porcentaje de materia prima requerida. (Véase tabla 2)

Ciudad	Demanda prevista (en unidades)
A	135.000
B	157.000
C	157.000

Tabla 1

Ciudad	Aporte de materia prima %
D	70
E	30

Tabla 2

	A	B	C	D	E
A	X	30	50	60	80
B	30	X	40	45	50
C	50	40	X	30	30
D	60	45	30	X	20
E	80	50	30	20	X

Tabla 3

Los costos de transporte para producto terminado y materia prima son los siguientes:

Producto terminado US$6 kg/km
Materia prima US$2 kg/km

Las distancias entre los diferentes puntos están dadas en la tabla 3.

El costo de mano de obra de la localidad C es un 25% mayor que el de la localidad A, que cuesta US$200.000, y el de B es un 10% menos que el costo en C. (Véase tabla 4)

Concepto	A US$	B US$	C US$
Renta	60.000	55.000	64.000
Impuesto	10.000	12.000	14.000
Seguros	5.000	5.000	5.500
Varios	5.000	5.000	8.500

Tabla 4

En función al análisis costo-costo determine en cuál de las tres ciudades ubicaría la planta.

6. Se desea instalar una planta de conservas en una de las siguientes ciudades: Lima, Huancayo, Iquitos. Entre los factores a considerar se tiene:

- Mercado A
- Disponibilidad de materia prima B
- Mano de obra C
- Transporte de materia prima D
- Transporte de producto terminado E
- Clima F

Un estudio de importancia relativa de los factores dio como resultado el siguiente cuadro de enfrentamiento:

	A	B	C	D	E	F
A	-	1	1	1	0	1
B	0	-	0	0	0	1
C	0	1	-	1	0	1
D	0	1	0	-	1	1
E	1	1	1	0	-	1
F	0	0	0	0	0	-

Se tiene la siguiente información:

- Las conservas son destinadas principalmente a Lima, pero se envía también cierta cantidad de este producto a Huancayo.
- Las condiciones climáticas favorecen los procesos de producción en Huancayo. En Iquitos, el clima afecta negativamente, pues es muy caluroso durante casi todo el año.
- En Iquitos existe abundancia y variedad de materia prima, también hay bastante disponibilidad en Huancayo por su contacto con la ceja de selva; en Lima existe una disponibilidad restringida.

- El transporte de materia prima de Iquitos a Lima tiene un alto costo, siendo menor de Huancayo a Lima.
  El transporte de frutas de Iquitos a Huancayo es dificultoso. De Huancayo no hay transporte de frutas hacia Iquitos.
  Se llevan productos frutícolas de la costa a la zona de la selva en muy poca cantidad.
- Por su naturaleza, el transporte de conservas no requiere cuidados especiales, sin embargo, el costo o flete depende de la distancia por recorrer.
- La mano de obra requerida es calificada. Se sabe que el costo de mano de obra calificada a niveles superiores es más alto en Iquitos y Huancayo en comparación con el de Lima.

Determine cuál de las ciudades sería más conveniente para la instalación de la planta de conservas.

7. Para analizar la localización de una planta de producto XYZ, se concluyó que había tres factores para tomar en cuenta.

- Demanda del producto.
- Costo del transporte.
- Salarios.

La metodología utilizada sería el análisis de factores y las alternativas de localización las ciudades A, B, C y D; se cuenta con la siguiente información:

- Tablero de distancias entre las ciudades

De	A	B	C	D
A	0	150	300	400
B	150	0	180	100
C	300	180	0	120
D	400	100	120	0

- Costo del transporte de un kg por km = S/.10
- Demanda mensual:
  A5.000 unidades
  B12.000 unidades
  C18.000 unidades
  D20.000 unidades
- Cada unidad de producto pesa 2,5 kg.
- El insumo principal es a 80% en peso del producto.
- La mitad de los requerimientos del insumo principal son adquiridos en la ciudad B, y la otra mitad en la ciudad C. En A y D no existe insumo.
- El salario en A es menos costoso que en D; en D más o menos equivalente a B y en C más costoso que en los anteriores.

Determine los costos correspondientes a cada alternativa de localización y en función de ello indique cuál sería la mejor alternativa.

8. En el estudio de viabilidad de una planta productora de yogurt y biodefensa, se identificaron cuatro posibles localizaciones de planta. Cada una de ellas cuenta con una cantidad de ganado lechero que la favorece para la localización.

El costo de la materia prima más importante en cada una de las ciudades identificadas y la producción en litros por día es el que aparece en la tabla 1.

La planta requiere un abastecimiento de 5.000 litros por día para procesar 7.000 litros de los productos, para lo cual trabajaría 25 días al mes.

La selección del proveedor se realizará considerando primero a los ganaderos de la zona y luego al proveedor de menos costo.

La tabla 2 muestra las distancias entre los posibles lugares de localización y sus fuentes de abastecimiento expresadas en kilómetros.

El costo de flete es de S/. 0,05/litro-kilómetro. La pérdida de leche por carga y descarga asciende a un 1% del volumen transportado.

Dentro de otros costos se tienen los que se muestran en la tabla 3.

Existe un factor fundamental que se debe tener en cuenta: el medio ambiente; es decir el entorno en el cual se localizará la planta. Se sabe que Lima es una ciudad contaminada y lo mismo ocurre con Cajamarca. Camaná se encuentra en mejores condiciones. Se deben considerar sobre todo la provisión de agua y el clima

- El agua es un factor vital en este tipo de planta, pues se requiere para el proceso de limpieza de la planta. La disponibilidad de agua en Camaná y Lima es similar, siendo más abundante en Cajamarca.
- El clima que favorece este tipo de producción es el clima seco, como el de Cajamarca, mientras que los de Camaná y Lima son húmedos.

Se ha determinado que el factor K es igual a 0,65.

a) Revise toda la información y realice un análisis de las alternativas. Indique cuál será la localidad elegida para la instalación de la planta.

Ciudad	**Costo (S/. / litro)**	**Producción (litros/día)**
Camaná	2.10	7.200
Cajamarca	1.90	8.300
Lima	2.50	5.000

Tabla 1

	Camaná	**Cajamarca**	**Lima**
Cajamarca	1.725	—	870
Lima	855	870	—
Camaná	—	1.725	855

Tabla 2

	Mano de obra	**Otros insumos**
Camaná	31	30
Lima	38	25
Cajamarca	30	43

Tabla 3
Costo mensual (miles de soles)

Capítulo

3 Tamaño de planta

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- Determinación del tamaño viable de la planta
- Factores del tamaño de planta
- Metodología para determinar el tamaño de planta
- Selección del tamaño de planta
- Costo de inversión y producción
- Niveles de capacidad de producción

A la empresa se le plantean diferentes alternativas para determinar el tamaño o capacidad de producción. Para ello, se establecen una serie de relaciones con diferentes factores, tales como el mercado, la tecnología, la inversión, el punto de equilibrio y la localización, los cuales ayudan a seleccionar el volumen más adecuado para la producción.

La comparación de los resultados de estas relaciones puede ayudar al proyectista a seleccionar la alternativa de tamaño óptimo.

1. Determinación del tamaño viable de planta

En todo estudio de viabilidad es fundamental determinar la capacidad apropiada de la planta. Si bien los pronósticos de la demanda y de la penetración en el mercado constituyen el punto de partida, y la disponibilidad limitada de materiales básicos e insumos o recursos pueden constituir un obstáculo para ciertos proyectos, estos parámetros son en la mayoría de los casos muy generales y requieren de la evaluación de las diversas variantes posibles en cuanto a tamaño y capacidad de planta. Estas variantes deben estudiarse en relación con diversos niveles de producción que puedan corresponder a otras tantas magnitudes de inversión, por una parte, y a diferentes niveles de ventas y rentabilidad, por la otra.

Una vez definidas las limitaciones generales sobre los pronósticos de la demanda y el mercado, se deben evaluar otros componentes del estudio de viabilidad para determinar la capacidad de la planta. De hecho, esta capacidad representa el nivel óptimo de producción que puede estar determinado por la interacción relativa de varios componentes del estudio de viabilidad, tales como la tecnología y equipo, disponibilidad de recursos, costos de inversión y de producción, ventas y penetración del mercado.

2. Factores del tamaño de planta

La selección o definición del tamaño de la planta depende de una serie de factores: tecnológicos, económicos, sociales y políticos, como son:

2.1 Relación tamaño-mercado

Al realizarse el análisis del tamaño con respecto al mercado, deberá verificarse que la demanda no sea inferior al tamaño mínimo, si no, se rechazaría el proyecto.

2.2 Relación tamaño-tecnología

La tecnología se define como el conjunto de elementos que incluye el proceso, maquinaria, equipos y método.

Para su evaluación se deberá contar con los siguientes datos: costo de adquisición, costo de mantenimiento, costo de operación, depreciación y otros.

La tecnología a utilizarse o que se ofrece en el mercado podría estar entre los siguientes extremos: altamente automatizada y manual; por lo tanto, debe escogerse entre varias propuestas de tecnología, en la cual una de sus principales características será su capacidad o volumen de producción.

Generalmente la tecnología que está siendo evaluada obedece a la máquina o grupo de máquinas que constituyen el cuello de botella.

2.3 Relación tamaño-recursos productivos

Entre los recursos productivos tenemos: mano de obra, materiales y energía eléctrica; es importante realizar un estudio de su disponibilidad.

Será necesario cuantificar si habrá o no restricción en el abastecimiento de los materiales requeridos para la producción y si esto afectará o no la determinación del tamaño de la planta.

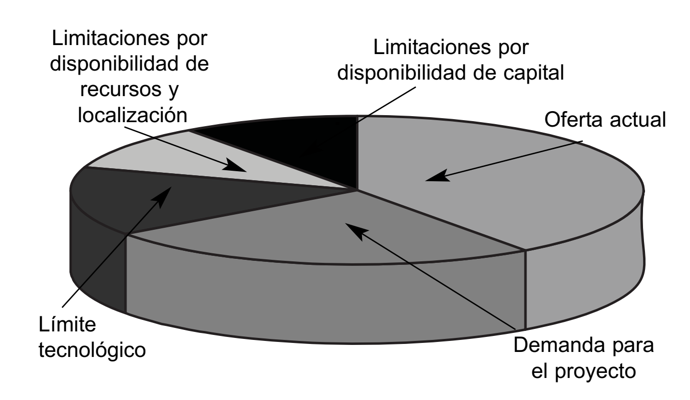
Con respecto a la mano de obra, deberá determinarse si se contará con la cantidad suficiente de mano de obra especializada para garantizar la operación de la planta y si esto será una restricción para el tamaño.

2.4 Relación tamaño-financiamiento

En este punto será necesario analizar las restricciones que se tengan en los recursos financieros para satisfacer las necesidades de inversión. Se deberán analizar las líneas de crédito con las que cuenta el sistema financiero nacional y revisar los requerimientos de garantía de los bancos o financieras para acceder al préstamo.

En general, las limitaciones financieras pueden conducir a desarrollar la planta por etapas. Ello dependerá del mercado y de las modalidades de producción. No todos los proyectos tienen este grado de elasticidad, lo prudente será construir la planta de tamaño mínimo y comprobar si se tienen garantías suficientes para solicitar préstamos, y luego ampliarla en la medida en que se normalice la puesta en marcha y existan recursos financieros suficientes.

2.5 Relación tamaño-localización



Limitaciones para determinar la demanda del proyecto.

Las relaciones fundamentales entre el tamaño y la localización surgen, entre otros casos, debido a la distribución geográfica del mercado y a la influencia que la localización tiene en los costos de producción y distribución.

Como resultado de los ajustes de la demanda por las limitaciones que dan las diferentes relaciones se obtiene la demanda para el proyecto como se bosqueja a continuación. Estas limitaciones variarán de acuerdo con el proyecto estudiado y la disponibilidad de capital de los inversionistas.

3. Metodología para determinar el tamaño de planta

Para determinar el tamaño de planta de un proyecto se sigue una metodología que comprende un proceso de aproximaciones sucesivas hasta llegar a la selección del tamaño apropiado, lo cual implica analizar la relación existente con los diferentes factores mencionados en el punto anterior.

La metodología recomendada consiste en determinar los límites superior e inferior del tamaño, es decir, definir el tamaño máximo, luego el tamaño mínimo y, dentro de tales límites, analizar un tamaño intermedio.

3.1 Tamaño máximo de planta

El tamaño máximo de planta se analiza con el mercado.

3.1.1 Relación tamaño-mercado

En el estudio de mercado se analizan los pronósticos de la demanda y se definen la demanda para el proyecto en función de las ventas y la penetración, generalmente como una fracción de la demanda insatisfecha. Tal volumen nos señala el tamaño máximo de la planta para nuestro proyecto.

El objetivo de un estudio de mercado en un proyecto consiste en estimar la cuantía de los bienes o servicios provenientes de una unidad de producción que la comunidad estaría dispuesta a conseguir a determinados precios.

En un proyecto debe hacerse un pronóstico de carácter cualitativo y cuantitativo para estimar la demanda y posibilitar las decisiones del tamaño de planta.

Un pronóstico permitirá tomar decisiones sobre el tamaño de planta así como sobre la estructura del programa de ventas, los precios, los canales de distribución, las estrategias de mercado, los costos de venta y el almacenaje.

En el análisis de la demanda deberá establecerse el mercado objetivo y la estrategia de introducción del producto. Luego, se decidirá si el mercado es un mercado nacional o se proyectan exportaciones y, de ser así, se deberán analizar también los posibles ofertantes, su participación en el mercado y sus capacidades potenciales, pues ello limitará el tamaño de planta proyectado. En cuanto a la estrategia de introducción, deberá establecerse si el producto sustituirá importaciones, si es un producto importador, si presenta ventajas en el diseño, mejoras en la calidad, etc. Decisiones de la estrategia de mercado harán que el tamaño de planta se defina como "conservador" o "agresivo". Todas estas condicionantes delimitarán el tamaño de planta, pues se tomará como base la demanda potencial para definir una frontera para su tamaño máximo.

3.2 Tamaño mínimo de planta

Para ubicar el mínimo tamaño de la planta debemos analizar la relación con el punto de equilibrio, dependiendo del acceso a los datos correspondientes en el momento.

Debe tenerse en cuenta que bajo el enfoque económico, los costos fijos se consideran constantes solo durante un determinado horizonte de tiempo. Para el análisis del punto de equilibrio propuesto, partimos de la premisa de que el análisis se hace dentro de ese horizonte.

3.2.1 Relación tamaño-punto de equilibrio

El punto de equilibrio para nuestro proyecto lo determinaremos al final del estudio económico; sin embargo, frecuentemente es posible obtener los datos preliminares para el cálculo.

El concepto de punto de equilibrio se puede definir como la igualdad de los ingresos y los costos; esta situación se dará siempre y cuando todo lo que se produzca se venda; por lo tanto, podríamos asumir que para un volumen de producción QP se tendrá un volumen de ventas QV, donde los costos (fijos y variables) son cubiertos por los ingresos I que se obtienen de vender Qv productos a un precio p, Así:

- C = Costo total
- I = Ingresos
- CV = Costo Variable Total
- CF = Costo Fijo Total
- p = Precio de venta unitario
- v = Costo variable unitario
- Q_{min} = cantidad mínima a producir
- Q_p = Cantidad producida
- Qv = Cantidad vendida

Si : $CF = CF + CV$

y : $I = p \times Qv$

$CV = v \times Qp$

luego : $p \times Qv = CF + v \times Qp$

si $Qv = Qp = Q_{min}$

entonces: $(p - v) \times Q_{min} = CF$

así : $Q_{min} = \dfrac{CF}{p - v}$

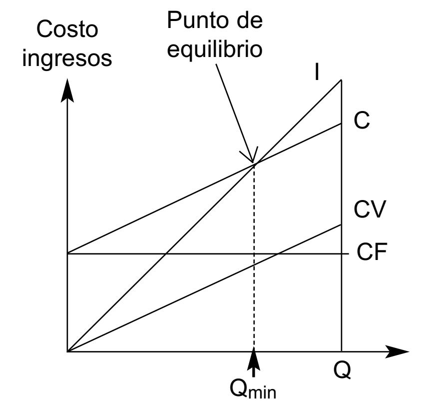
Punto de equilibrio con productos múltiples:

Punto de equilibrio: $Q_{min} = \dfrac{CF}{p - v}$

Punto de equilibrio en <u>valor monetario</u>: ⟶ $p \times Q_{min} = \dfrac{CF}{p - v} \times p$

Siendo p = precio estándar

$$p \times Q_{min} = \frac{CF}{\left(1 - \frac{v}{p}\right)}$$ ← Contribución marginal ponderada para cubrir los costos fijos.



La información que requerimos:

1. Variedad de productos
2. Total de ventas
3. Ventas de cada producto
4. Costos fijos
5. Costo variable
6. El precio de cada producto

El punto de equilibrio representa aquella producción con la que la empresa no gana ni pierde; nos señala el tamaño mínimo de la planta.

3.3 Tamaño económico mínimo

El concepto del tamaño económico mínimo se aplica a la mayoría de las ramas y proyectos industriales, pero su importancia varía de un tipo de industria a otro. En un gran número de industrias de elaboración se puede definir, en términos generales, el tamaño mínimo de producción. Por ejemplo, una planta de cemento con capacidad inferior a 300 t/día no suele considerarse económica, ya que puede requerir hornos verticales, y la producción que se obtiene con este equipo no puede competir con los hornos rotatorios. Las plantas de amoníaco deben tener un cierto tamaño mínimo con el fin de que el precio del producto no sea excesivamente elevado en comparación con los precios de otros abastecedores. Esto también se aplica a una gran variedad de industrias químicas, incluidas las industrias petroquímicas primarias y secundarias, cuyo tamaño económico está aumentando rápidamente con respecto a la mayoría de los productos.

El concepto del tamaño económico mínimo se aplica a la mayoría de las ramas y proyectos industriales, pero su importancia varía de un tipo de industria a otro.

En los países industrializados, las capacidades de producción han ido aumentando rápidamente en varios sectores para aprovechar mejor las economías de escala. Estas mayores capacidades pueden representar inversiones que son proporcionalmente más bajas debido a la mayor producción, lo que da por resultado costos más bajos por unidad producida. Al determinar el tamaño económico mínimo de un proyecto, se debe echar mano a la experiencia obtenida en otros proyectos en la misma esfera de producción, ya que puede haber una relación entre los respectivos costos de producción.

Si no fuera posible aprovechar las economías de escala debido a lo limitado de los recursos o el tamaño de la demanda prevista, se deberán poner claramente de relieve sus consecuencias; es decir, los costos de producción y precios más elevados, la incapacidad para producir en mercados internos y el grado de protección requerido.

Otra circunstancia importante es que los procesos, la tecnología y el equipo disponible a menudo están normalizados en relación con capaci-

dades específicas, según los diferentes sectores de producción. Si bien es posible adaptar estos factores a escalas de producción más bajas, el costo de tal adaptación puede ser desproporcionalmente elevado. Incluso, por este motivo, los proyectos de ciertas ramas industriales se deben conformar con tamaños económicos mínimos, y se debe dejar constancia de los casos en que esto no sea posible. También se aplica a industrias de montaje, especialmente cuando se utilizan sistemas de producción continua o semicontinua. Sin embargo, en ciertas industrias electromecánicas que abarcan la producción de varios artículos, se puede aplicar un grado de flexibilidad mucho mayor, ya que la capacidad de producción se puede distribuir entre varios productos durante períodos diferentes. No obstante, el tamaño económico apropiado se puede definir, en general, en función de las necesidades de equipo y de las aplicaciones tecnológicas, aunque hay varias combinaciones posibles.

3.4 *Análisis de tamaños intermedios*

Para tomar una decisión apropiada para la empresa, habiendo determinado los límites máximo y mínimo del tamaño de planta, buscamos un punto intermedio entre ambos a través de las siguientes relaciones:

Siendo:

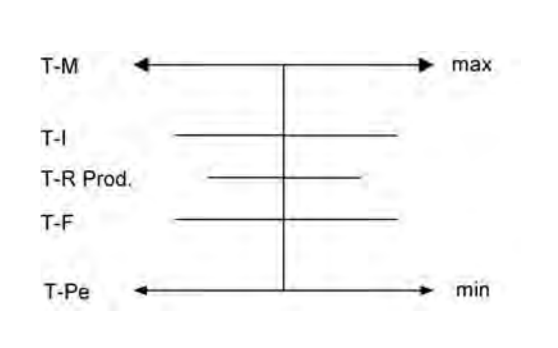
T-M = tamaño máximo de la planta (referido a la demanda)

T-I = tamaño inversión (referido a la máxima disponibilidad de capital)

T-R = tamaño recursos productivos (referente a la disponibilidad de recursos)

T-F = tamaño financiamiento (referido a la posibilidad de financiamiento que tendría la empresa de acuerdo a los garantes)

T-Pe = tamaño punto de equilibrio (tamaño mínimo, la empresa cubre los gastos operativos)



3.4.1 Relación tamaño-inversión

Nuestro país posee escasos recursos de inversión; por ello, nuestras plantas industriales deberían proyectarse para trabajar durante las 24 horas del día y evitar capacidades ociosas.

De otro lado, es conveniente hallar índices que muestren el costo de inversión por cada incremento en la capacidad instalada, tal como se muestra, a manera de ejemplo, en el siguiente cuadro:

Tamaño (T)	Producción (Q)	Inversión (I)	Índice (I/Q)
T1	100t/año	US$400.000	US$4.000/t de cap. inst.
T2	200t/año	600.000	3.000/t de cap. inst.
T3	300t/año	750.000	2.500/t de cap. inst.
T4	400t/año	880.000	2.200/t de cap. inst.
T5	500t/año	1.000.000	2.000/t de cap. inst.

Observamos en este ejemplo arbitrario que el costo de inversión se reduce en US$1.000 por cada tonelada de capacidad instalada al pasar del tamaño T1 al T2. El costo de inversión se reduce solo en US$500 al pasar del tamaño T2 al T3. Y así observamos que estas reducciones por tonelada de capacidad instalada se vuelven cada vez menos significativas al pasar de T3 a T4 (US$300) o al pasar de T4 a T5 (US$200). Es aquí donde el responsable del proyecto debe decidir un tamaño de planta tomando en consideración los diferentes factores que están en el análisis. Probablemente, la decisión apropiada esté en T3 cuyo índice (I/Q) nos indica que el costo de inversión por tonelada de capacidad instalada es US$2.500, o sea US$1.500 menos que en T1 y solamente US$500 más que en T5.

3.4.2 Relación tamaño-recursos productivos

Aquí se analizarán las limitaciones que puedan existir, según la naturaleza de cada proyecto, con relación a la disponibilidad de mano de obra calificada, entre otros aspectos. Sobre la base de dicho análisis se decidirá el tamaño de planta correspondiente.

Se determinarán las limitaciones en cuanto a recursos productivos, tales como reservas de mineral (yacimientos), reservas de petróleo, y las proyecciones a futuro que se determinan como, por ejemplo, en el caso del gas de Camisea, donde las reservas estimadas serán un factor limitante para las proyecciones del tamaño de la planta y para el horizonte de vida del proyecto.

3.4.3 Relación tamaño-financiamiento

Este aspecto contemplará los costos de inversión que demanda el proyecto y las posibles fuentes de financiamiento. Ello deberá considerar el costo de financiamiento y las condiciones y plazos del préstamo. Será viable el proyecto si permite al inversionista recuperar su inversión y amortizar el préstamo, así como cubrir los intereses del financiamiento.

Para esta evaluación se usarán conceptos como el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR).

Dependiendo del monto de inversión necesario, el grupo inversionista deberá evaluar sus requerimientos de financiamiento. Como el proyecto de una planta es una inversión con proyecciones, cuyos beneficios serán realidad a futuro, en el momento cero (año de inicio) existe un riesgo alto; por ello, la entidad financiera le asignará un costo al dinero que pondrá a disposición de los inversionistas. Además, dependiendo de la rentabilidad evaluada y de las garantías que respalden dicho financiamiento, aquel será fijado como un porcentaje del total de la inversión, requiriéndose entonces contar con un capital propio mínimo que respalde el financiamiento. Por ejemplo, si la financiera estuviera dispuesta a prestar el 60% de una inversión de US$10.000.000, esto equivale a que el capital propio deberá ser de US$4.000.000 como mínimo. Si no se cuenta con ese monto, deberá ajustarse el tamaño del proyecto, con el fin de cumplir con los requisitos para el financiamiento.

4. Selección del tamaño de planta

Es aquí donde se pasa revista a cada uno de los tamaños sugeridos a través de las diferentes relaciones analizadas con el objeto de que el responsable del proyecto seleccione el tamaño apropiado.

La solución óptima del tamaño de la planta será aquella que conduzca al resultado económico más favorable para el proyecto en conjunto. Este resultado se puede medir por uno o más de los siguientes coeficientes: rentabilidad, costo unitario mínimo, utilidades, relación ingreso-costos, etc.

La medición de cualquiera de estos coeficientes exige una estimación sobre todos los aspectos del proyecto, lo que conduce al proceso de aproximaciones sucesivas. Existen algunos factores que revisten especial importancia y que contribuyen a simplificar el proceso de aproximaciones sucesivas. Entre estos factores se tienen: mercado, tecnología, inversiones y costos de producción, recursos productivos, financiamiento y localización.

En una situación de mercado global, donde el precio de venta lo define el mercado, la única opción de un incremento en las utilidades, manteniendo la calidad de los productos, es la reducción de costos. Por ello, será importante seleccionar un tamaño de planta acorde con los requerimientos de producción y maximizar su capacidad utilizada.

Haciendo uso del análisis de costos se considerará óptimo aquel tamaño que permita la rentabilidad esperada al inversionista, traducida esta rentabilidad en utilidades.

Utilizando las relaciones presentadas en el punto 3.2.1 y considerando que los ingresos deberán cubrir no solo los costos sino también las utilidades proyectadas, determinarían el tamaño óptimo de la planta.

Así para el tamaño óptimo:

$I = C + U$ $\qquad U$ = utilidades

$p \times Qv = CF + CV + U$

$p \times Qv = CF + v \times Qp + U$

Será óptimo vender todo lo que se produce, luego: $Qv = Qp = Q\acute{o}ptimo$

$$(p - v)\, Q\acute{o}p = CF + U$$

$$Q\acute{o}p = \frac{CF + U}{p - v}$$

5. Costo de inversión y de producción

El nivel de los costos de inversión y de producción será un factor determinante cada vez más importante si no existen limitaciones graves en cuanto a recursos o materiales e insumos. El volumen de los costos de inversión por unidad de producción tiende a decrecer a medida que aumenta la capacidad de la planta. Por lo general, los costos no aumentan en proporción directa al tamaño. Esta relación se puede expresar de la siguiente manera:

$$C_1 = C_2 \, (Q_1/Q_2)^x$$

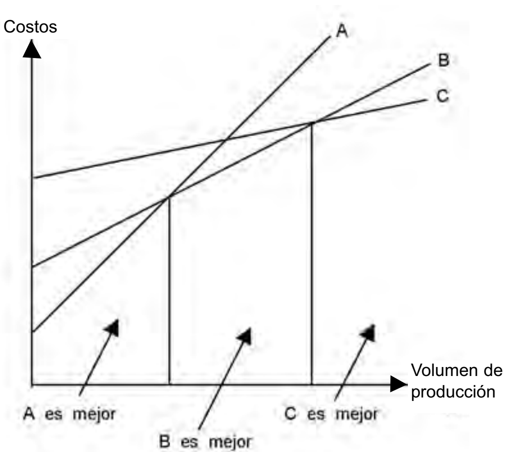
Donde :

C_1 = costo derivado de la capacidad Q_1
C_2 = costo conocido de la capacidad Q_2
x = factor costo de la capacidad

En promedio $x = 0,6$

La capacidad Q se puede expresar en cualquier unidad constante, ya que en la fórmula representa solo una relación.

La relación costo-capacidad difiere según las industrias; puede oscilar entre 0,2 y 0,9.



5.1 Consideraciones

Será conveniente comparar los costos en que se incurre para cada tamaño de planta alternativo, dependiendo del volumen de producción que el proyecto demande. Para ello se deberá elegir el tamaño de planta que dé el menor costo para el rango de producción requerido.

Una vez seleccionado el tamaño de planta, deberá estudiarse el comportamiento de los costos unitarios con el fin de asegurar una adecuada utilización de la capacidad instalada, pues, a menor capacidad utilizada, los costos unitarios crecen y se incrementará el precio de venta o se disminuirán las utilidades.

Comportamiento de los costos unitarios (Cu)

$$C = CF + CV$$

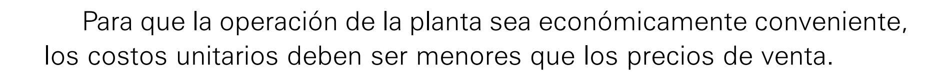
Sea: Q_p = cantidad producida

$$\frac{C}{Q_P} = \frac{CF}{Q_P} + \frac{CV}{Q_P}$$

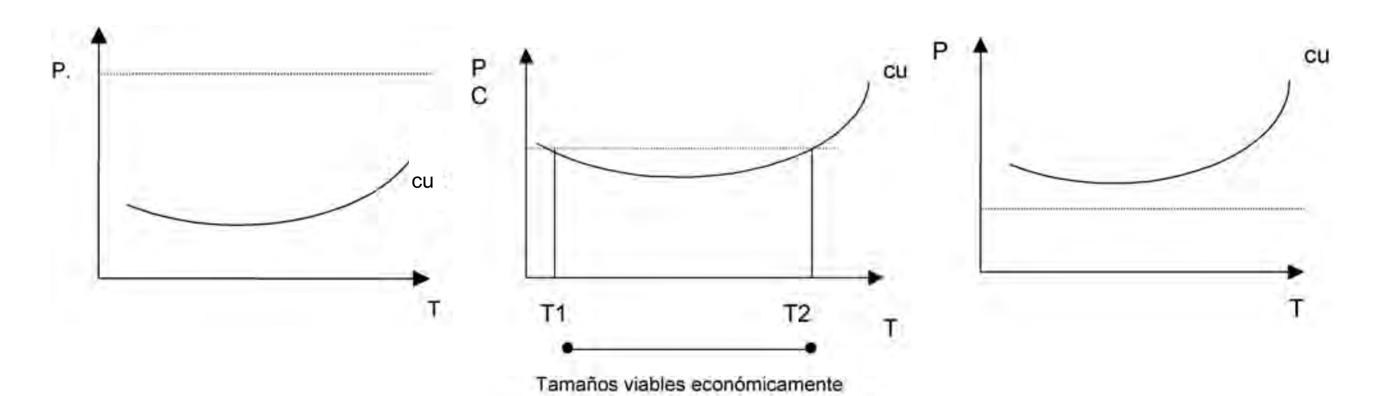
Entonces: $$cu = f + \frac{CV}{Q_p}$$

Si: $Cv = v \times Q_p \Rightarrow cu = f + v$

f = Costo fijo unitario (varía con respecto a la cantidad)
v = Costo variable unitario (no varía con respecto a la cantidad)

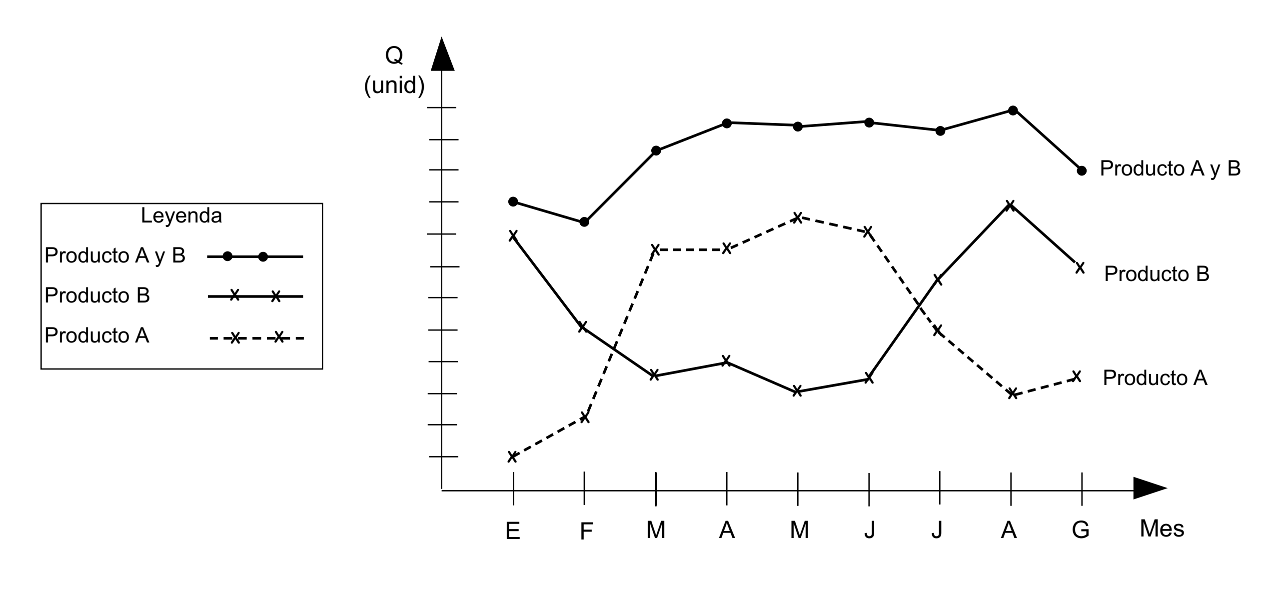

Para que la operación de la planta sea económicamente conveniente, los costos unitarios deben ser menores que los precios de venta.

Suponiendo el caso de una planta cuyo nivel de producción no afecta sustancialmente los precios de venta del mercado, pueden darse los siguientes casos:



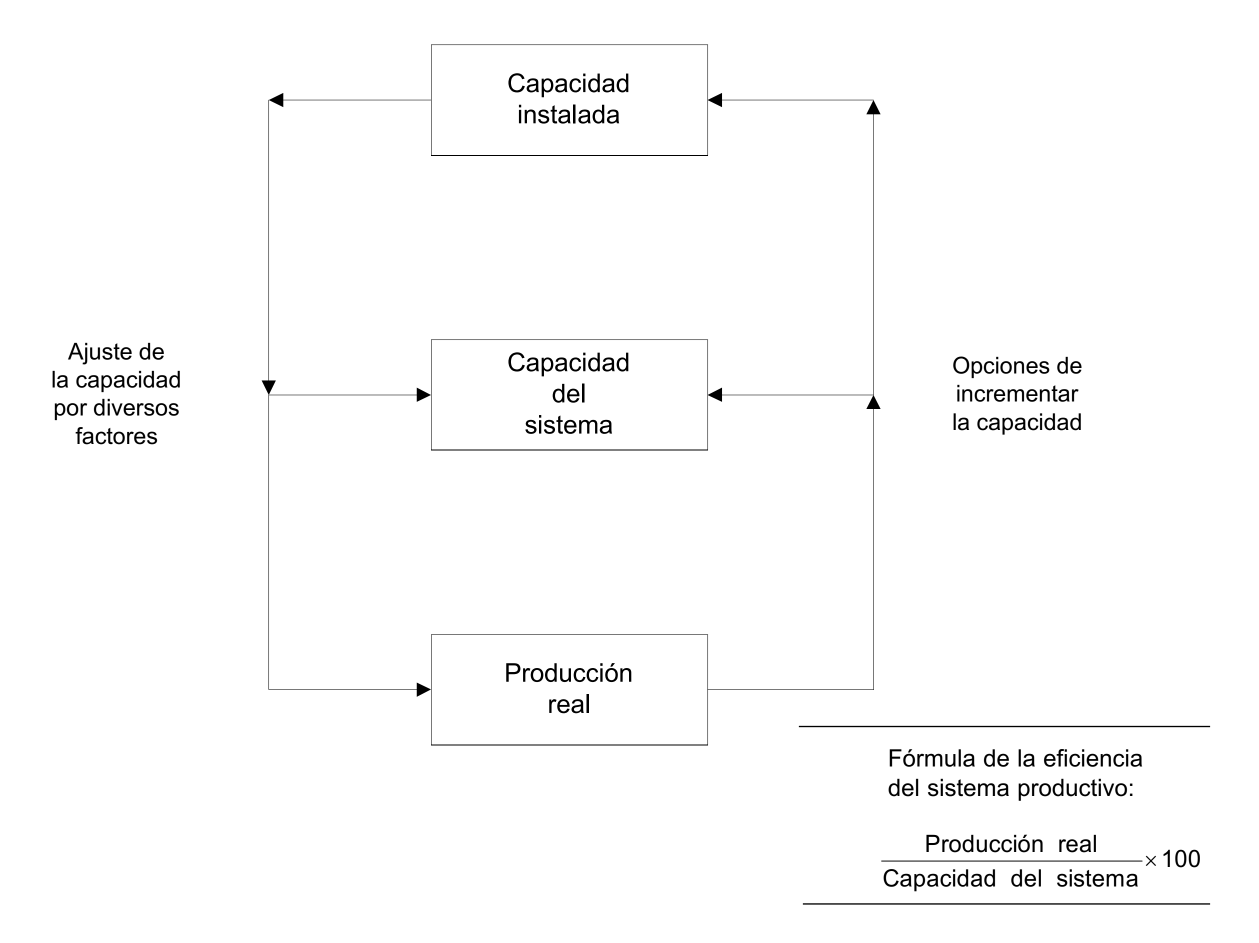
- Que los costos unitarios sean menores que los precios de venta, para casi cualquier tamaño. Casi cualquier tamaño es económicamente conveniente.
- Que los costos unitarios sean menores que los precios de venta, solo para un determinado rango de tamaños.
- Que los costos unitarios sean en todos los casos mayores que los precios de venta.

Si el proyecto contempla la elaboración de un producto cíclico, es decir que tiene demandas fluctuantes en el tiempo, es recomendable al elegir el tamaño de planta, decidir la producción adicional de otro producto que tenga el ciclo inverso al primer producto para así nivelar la utilización de la capacidad de planta.



Nivelación de la capacidad utilizada

6. Niveles de capacidad de producción



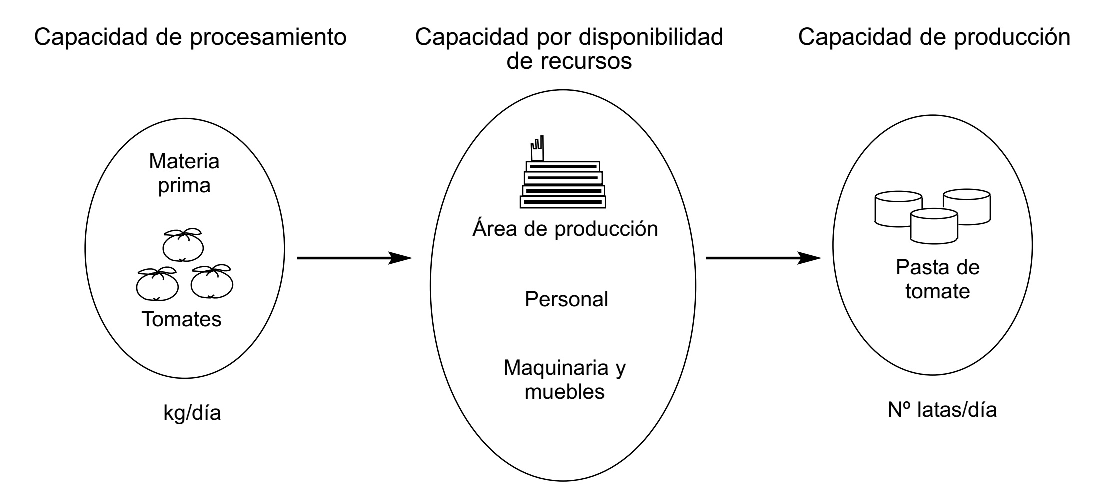
6.1 Capacidad de diseño o capacidad instalada

Es el resultado de la definición del tamaño de planta, que resulta del diseño del proceso y está limitada por la capacidad de la tecnología implementada.

Una vez contempladas todas las restricciones del tamaño de planta y habiéndose decidido las instalaciones a implementar de acuerdo con el diseño del proceso, esta capacidad queda definida.

El cálculo de la máxima capacidad instalada se hace tomando en cuenta la capacidad de la maquinaria y los equipos y su utilización en tres turnos de trabajo. Si consideramos el caso de algunas plantas cuyos equipos principales no pueden parar ni un solo día del año, con excepción de los periodos de mantenimiento y limpieza (como los hornos de las plantas de producción de vidrio), se podría considerar un cuarto turno "virtual", que representaría todos los periodos habituales de descanso (domingos, refrigerios, feriados, etc.) con la planta en funcionamiento.

Esta capacidad instalada puede expresarse de tres diferentes maneras, como se muestra a continuación:



Donde:

- *Capacidad de procesamiento*: Define la cantidad de insumos que la planta puede procesar en un periodo de tiempo.
- *Capacidad de producción*: Define la cantidad de productos terminados que la planta puede producir en un periodo de tiempo.
- *Capacidad por disponibilidad de recursos*: Brinda una base para determinar las posibilidades de producción a partir de algunos factores constantes.

6.2 Capacidad del sistema

Es la capacidad que resulta de la reducción de la capacidad de diseño por la mezcla de productos y condiciones de mercado a largo plazo.

Se define también por la estrategia de producción de la empresa, ya que dependiendo de sus proyecciones de ventas la empresa determinará la cantidad de productos requeridos para cubrir la demanda estimada.

Otro factor que limita la utilización de la capacidad instalada son los desequilibrios inherentes al equipo y la mano de obra, por sus aspectos ergonómicos; esto sucede generalmente en aquellas latitudes donde se compra tecnología extranjera que está diseñada para una complexión diferente de los operadores de máquina. Si los equipos y máquinas no tienen sistemas reguladores de las palancas, pedales, alturas de operación, etc., ello puede afectar la eficiencia en el uso de la maquinaria.

6.3 Capacidad de producción real

Este término se refiere generalmente a la capacidad de planta y está definida como el número de unidades que produce una instalación determinada en un periodo de tiempo, y la definición de los periodos de trabajo.

La capacidad de producción real es el resultado de la reducción de la capacidad del sistema por efectos de la variación de la demanda en el corto plazo.

Si una empresa decide trabajar solo en un turno por día, estaría limitando su capacidad al uso de un tercio de las posibilidades de sus instalaciones. La ineficiencia del trabajador y de la maquinaria que generan tiempos improductivos, definen factores de utilización que en el cálculo de la capacidad de producción le restarán capacidad.

Las fluctuaciones de la demanda en el corto plazo llevarán a la empresa a que establezca diferentes estrategias para afrontar dichas variaciones.

Después de analizar el comportamiento de la demanda en un periodo determinado, se debe examinar de qué manera se va a responder a esta demanda. Para ello se pueden elegir una o varias de las siguientes políticas de producción:

- **Capacidad de producción variable según la demanda.** La capacidad varía con la demanda. Si las fluctuaciones de la demanda en el transcurso de un año son bajas, puede hacerse frente a esta situación recurriendo al tiempo suplementario ("horas extras"). Si estas fluctuaciones son importantes, la capacidad de producción puede variarse mediante la contratación de nuevos empleados o el despido de personal. Pero esta política implica costos muy elevados de adiestramiento y de despido de personal, así como fuertes gastos de capital (compra de maquinaria y equipo), puesto que la capacidad debe planificarse en función de la demanda máxima.

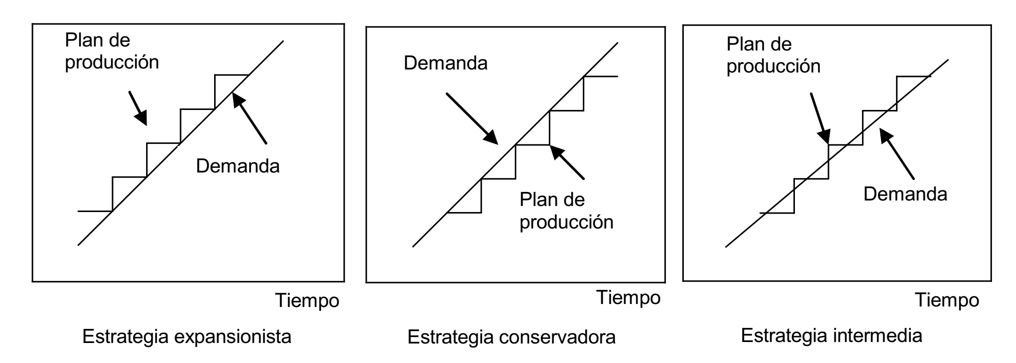
  Esta política se presenta generalmente en las empresas pequeñas y medianas, en los sectores en los que la disponibilidad de mano de obra es buena y en los que la calificación técnica de la mano de obra es menos importante.
- **Capacidad constante de producción igual a la demanda promedio.** Según esta política, la capacidad de producción se mantiene a una tasa constante y equivalente a la tasa promedio de la demanda. Durante los periodos de demanda baja, los productos se almacenan y posteriormente se les da salida en los periodos de demanda elevada.

  Esta política implica costos de almacenamiento y de faltantes de inventario. Sin embargo, se encuentra en vigor en la mayoría de las empresas grandes cuyo objetivo es estabilizar su producción y su nivel de servicio, y que tienen necesidades de una mano de obra altamente calificada.
- **Capacidad constante de producción igual a la demanda mínima**. Según esta política, se hace el menor número posible de inversiones en equipo y maquinaria, y los picos de la demanda se satisfacen mediante tiempo suplementario o mediante la contratación de maquiladores. Esta política es adoptada por las empresas que desean correr un mínimo de riesgo cuando la demanda se desconoce.

Estas políticas también deben tener en cuenta ciertos factores de orden técnico y económico:

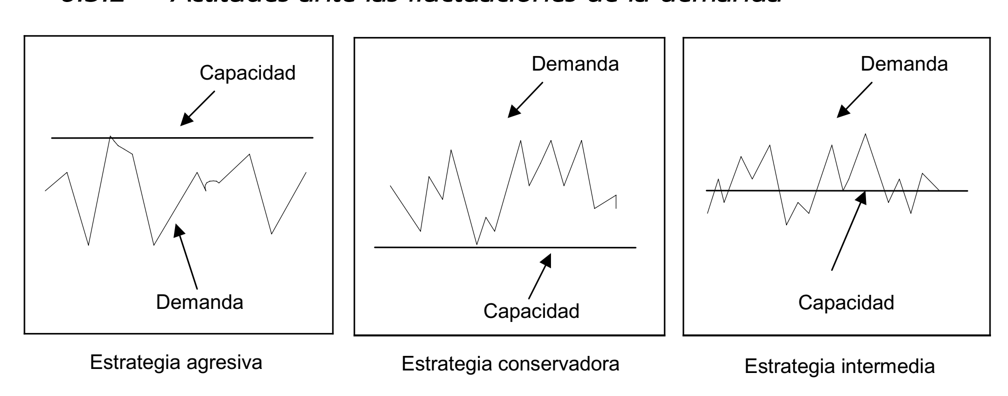
- *Factores técnicos*: número de periodos de trabajo, límites del tiempo suplementario, nivel de servicio y demora en la entrega.
- *Factores económicos*: costo de las instalaciones y restricciones financieras

6.3.1 Actitudes ante el incremento de la demanda

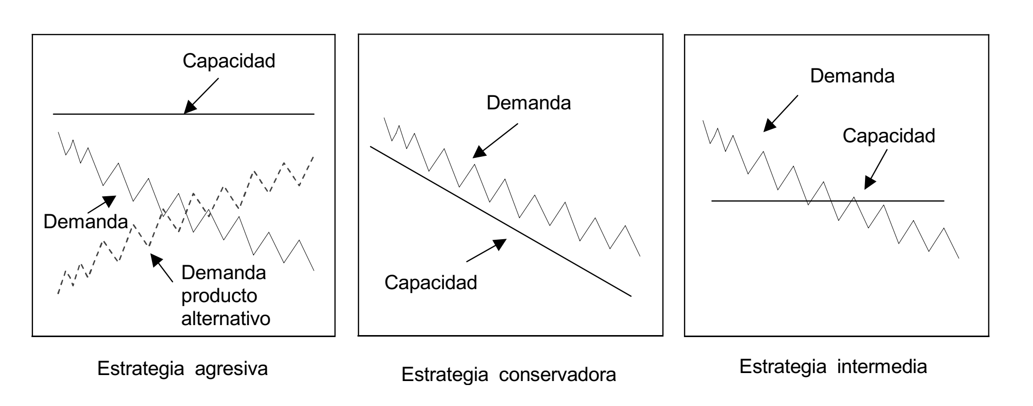


Fuente: (Domínguez Machuca, 1995).

6.3.2 Actitudes ante las fluctuaciones de la demanda



6.3.3 Actitudes ante una disminución de la demanda



La empresa también puede decidir trabajar "al ritmo" de la demanda haciendo uso de stocks para las épocas de gran demanda, y haciendo uso de horas extras o servicio de terceros para cubrir su falta de capacidad.

6.4 Cálculo de la capacidad de acuerdo con el sistema productivo

De acuerdo con la naturaleza del sistema productivo, no resulta sencillo obtener una medida realista de la capacidad, que puede ser medida como capacidad de entrada (capacidad de procesamiento) o como capacidad de salida (capacidad de producción).

A continuación presentamos algunos lineamientos para la medición de capacidad:

- En las instalaciones que fabrican siempre un mismo producto (o varios de características técnicas muy similares) puede establecerse una medida de la capacidad de producción (por ejemplo, botellas de cerveza/mes), la cual resultará bastante satisfactoria.
- En los casos de empresas que trabajan con múltiples productos técnicamente diferenciados, la elección de una medida de la capacidad de producción se complica un poco más. Resulta más conveniente la medición de capacidad de procesamiento, es decir, de los recursos claves empleados en la obtención de los diferentes productos, tales como las horas de mano de obra (horas-hombre) o de una máquina (hora-máquina) o de centro de trabajo (horas-centro de trabajo).
- Para el cálculo de la capacidad de procesamiento (horas-hombre, horas-máquina, horas-centro de trabajo) se hace necesario realizar una serie de precisiones con el fin de llegar a una unidad de medida realmente homogénea y representativa de la capacidad. Entre dichas precisiones se cuentan el factor de utilización (U) y el factor de eficiencia (E).
- El factor de utilización se debe a que no todas las horas de una jornada de trabajo se dedican a producir (mantenimiento de equipos, paradas por refrigerio, otros). Se define el factor de utilización como el cociente entre el número de horas productivas desarrolladas (NHP) y el de horas reales (NHR) de jornada por periodo.

  $$U = \frac{NHP}{NHR} \text{ de donde se deriva } NHP = NHR \times U$$

  Como ejemplo, si de la jornada de 8 horas de un día se pierde 0,8 horas por diversos motivos, el factor de utilización sería igual a:

  $$U = \frac{8 - 0{,}8}{8} = 0{,}9$$

- Los diferentes conocimientos, habilidad y rapidez de movimientos de la mano de obra pueden hacer que distintas personas desarrollen una misma labor empleando diferentes tiempos productivos, es decir, con distinta eficiencia. El factor de eficiencia se define como:

$$E = \frac{NHE}{NHP} \text{ de donde } NHE = NHP \times E$$

Donde NHE: Número de horas estándar

Asimismo, podemos consolidar las expresiones de los factores de utilización y de eficiencia mediante la expresión:

$$NHE = NHR \times U \times E$$

Para aclarar el concepto anterior, se presenta como ejemplo la situación en la que un centro de trabajo desarrolló cien veces una operación que requiere 0,684 HE (horas estándar) por unidad, empleando 72 horas productivas, la eficiencia resultante es de:

$$\frac{100 \times 0{,}684}{72} = 0{,}95$$

- Finalmente, usando los factores anteriores se puede calcular una capacidad de producción en circunstancias normales para una eficiencia E y utilización U reales. Por ejemplo, para un centro de trabajo con 2 turnos de trabajo diario, de 8 horas cada uno durante 5 días a la semana, con un factor de utilización de 0,9 y un factor de eficiencia de 0,95, la capacidad sería:

$$\frac{2 \text{ turnos}}{\text{día}} \times \frac{8 \text{ horas}}{\text{turno}} \times \frac{5 \text{ días}}{\text{semana}} \times 0{,}9 \times 0{,}95 = 68{,}4 \; \frac{\text{horas - centro de trabajo}}{\text{semana}}$$

6.4.1 Capacidad para un sistema de producción por proyecto

Con el fin de precisar la definición de este sistema, podemos decir que el producto está fijo en el puesto de trabajo y a su alrededor concurren los diferentes factores de producción. Como ejemplos podemos citar la fabricación de barcos, locomotoras y aviones.

De otro lado, este sistema tiene una relación muy estrecha con la disponibilidad de espacio para albergar las unidades productivas, pues estas son de grandes proporciones.

Como las especificaciones de los productos no tienen características estandarizadas, las instalaciones y el proceso de conversión deben permitir flexibilidad. Normalmente, estos sistemas funcionan bajo pedido y es común que los pedidos esperen turno, dado que no es posible fabricar muchas unidades en simultáneo (de ahí la relación con el espacio físico disponible).

El entorno de este sistema productivo está constituido por las condiciones referidas a disponibilidad de espacio, disponibilidad de equipos e información de productividad. Al precisar se tiene:

- Tiempo disponible por año.
- Tiempo requerido por producto.

- Número de productos que se pueden fabricar en simultáneo por disponibilidad de área (S).
- Factor de disponibilidad de equipos (D).
- Factor de eficiencia (E).

Resolución del modelo

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{tiempo disponible anual}}{\text{tiempo requerido por producto}} \times S \times D \times E$$

6.4.2 Capacidad para un sistema de producción intermitente

Las características relevantes de este sistema para el desarrollo del modelo son:

- Gran cantidad de productos poco estandarizados.
- Departamentos de trabajo en los cuales se agrupan máquinas de similares características en términos funcionales.

Resulta complicado, por consiguiente, encontrar una unidad de medida para expresar la capacidad. Una alternativa es expresada en términos de los recursos de entrada (*input*), siendo más específicos en función a las horas-máquina de cada departamento. Por el lado de los productos (*output*) se empleará la técnica de unidades equivalentes para salvar la dificultad. Esta última será la base para el desarrollo de nuestro modelo.

El entorno de este sistema productivo está constituido por:

- Relación de productos y cantidades.
- Departamentos productivos con sus respectivos procesos.
- Tiempos de operación por unidad de producción.
- Secuencia de procesamiento de los productos.
- Producción por hora de cada proceso (P).
- Factor de utilización (U).
- Factor de eficiencia (E).
- Horas reales por turno (H/T).
- Días por semana (D/S).
- Número de máquinas (M).
- Turnos por día (T).

Resolución del modelo

El modelo de la capacidad comprende la siguiente metodología:

- Determinar la capacidad de producción de cada proceso usando el criterio de unidades equivalente.
- Determinar la capacidad de producción de cada departamento usando el concepto de cuello de botella entre los procesos incluidos.

- Determinar la capacidad de todo el sistema usando el concepto de cuello de botella entre los departamentos incluidos.

La planta fabrica varios productos, en diferentes cantidades, pero utilizando maquinaria similar. Cada producto en particular requiere diferentes tiempos de operación. La determinación de la capacidad estará expresada en unidades equivalentes a aquel producto elegido como producto estándar.

Caso:

Se desea calcular la capacidad de una planta donde se fabrican diversos productos. A continuación se presenta la producción promedio histórica y la secuencia de fabricación y tiempos de proceso: Considerar:

PRODUCCIÓN

PRODUCTO	UNIDADES/AÑO	
P1	6200	◄— UE
P2	3500	
P3	2600	
P4	4000	
P5	3800	

SECUENCIA DE FABRICACIÓN Y TIEMPOS DE PROCESO

		TIEMPO DE OPERACIÓN (HORAS STD)				
PRODUCTO	SECUENCIA	A	B	C	D	E
P1	A,B,C,D,E	0,75	0,35	0,50	0,15	0,30
P2	B,C,D,E	—	0,40	0,55	0,20	0,25
P3	A,B,C,E	0,80	0,25	0,45	—	0,35
P4	A,B,C,D,E	0,65	0,30	0,60	0,25	0,28
P5	A.C.D.E	0,70	—	0,50	0,20	0,32

- Cinco máquinas para el proceso A, tres máquinas para el proceso B, cuatro máquinas para el proceso C, dos máquinas para el proceso D y tres máquinas para el proceso E.
- Para todos los procesos: seis días por semana, ocho horas reales por turno, un turno por día.
- Para todas las operaciones: factor de utilización (U) de 0,92, factor de eficiencia (E) de 0,90.

Solución

Cálculo de la capacidad **Proceso A** 264.96 UE/Semana 1 turno

Producto	T. operación	TP1	Equiv.
P1	0.75	0.75	1.00
P2	—	—	—
P3	0.80	0.75	1.07
P4	0.65	0.75	0.87
P5	0.70	0.75	0.93
TOTAL	2.09		3.87

Producción/hora	1.333	igual 3.87/2,9
U	0.92	
E	0.90	
Horas/turno	8.0	
Turnos/día	1	
Días/semana	6	
Nº máquinas	5	

Del cuadro anterior tenemos:

Tiempo total: 3 horas

Unidades equivalentes:3,87 unidades

Producción por hora:3 .87/3,00 = 1,289
Capacidad de producción = 1.333x0, 92x0, 9x8, 0x1x6x5 =264,96 UE/Semana

Cálculo de la capacidad **Proceso B** 340.66 UE/Semana 1 turno

Producto	T. operación	TP1	Equiv.
P1	0.35	0.35	1.00
P2	0.40	0.35	1.14
P3	0.25	0.35	0.71
P4	0.3	0.35	0.86
P5	——	——	——
TOTAL	1.30		3.71

Producción/hora	2.857
U	0.92
E	0.90
Horas/turno	8.0
Turnos/día	1
Días/semana	6
Nº máquinas	3

Cálculo de la capacidad **Proceso C** 317.95 UE/Semana 1 turno

Producto	T. operación	TP1	Equiv.
P1	0.5	0.5	1.00
P2	0.55	0.5	1.10
P3	0.45	0.5	0.9
P4	0.6	0.5	1.2
P5	0.50	0.5	1
TOTAL	2.60		5.2

Producción/hora	2.000
U	0.92
E	0.90
Horas/turno	8.0
Turnos/días	1
Días/semanas	6
Nº máquinas	4

Cálculo de la capacidad **Proceso D** 529.92 UE/Semana 1 turno

Producto	T. operación	TP1	Equiv.
P1	0.15	0.15	1.00
P2	0.20	0.15	1.33
P3	–	–	–
P4	0.25	0.15	1.67
P5	0.20	0.15	1.33
TOTAL	0.80		5.33

Producción/hora	6.667
U	0.92
E	0.90
Horas/turno	8.0
Turnos/días	1
Días/semanas	6
Nº máquinas	2

Cálculo de la capacidad **Proceso E** 397.44 UE/Semana 1 turno

Producto	T. Operación	TP1	Equiv.
P1	0.30	0.30	1.00
P2	0.25	0.30	0.83
P3	0.35	0.30	1.17
P4	0.28	0.30	0.93
P5	0.32	0.30	1.07
TOTAL	1.50		5.00

Producción/ hora	3.333
U	0.92
E	0.90
Horas/turno	8.0
Turnos/días	1
Días/semanas	6
Nº máquinas	3

Cuello de botella: **Proceso A**

Capacidad de planta: 264.96 UE/Semana 1 turno

6.4.3 Capacidad para un sistema de producción por producto (proceso continuo)

El entorno sobre el proceso continuo de producción por producto se refiere a los principales elementos que intervienen en la determinación de la capacidad de producción de este sistema; cada uno de estos elementos tiene características propias de acuerdo con su naturaleza y contenido, y, por lo tanto, intervienen con diferente análisis para la determinación de la capacidad.

Todos estos elementos son expresiones cuantitativas, que son calculadas de acuerdo con las características de cada empresa; por ejemplo, el número de horas trabajadas por turno.

Los elementos considerados en el presente estudio son:

- Cantidad entrante según el balance de materia (QE).
- Cantidad saliente según el balance de materia (QS).
- Producción por hora de maquinarias u operarios (P).
- Número actual de máquinas u operarios (M).
- Días por semana (D/S).
- Horas reales por turno (H/T).
- Factor de utilización (U).
- Factor de eficiencia (E).
- Factor de conversión.
- *Las cantidades entrantes* o unidades de entrada son aquellos elementos, insumos o materiales expresados cuantitativamente que ingresaron a una determinada operación considerada en la secuencia de procesamiento del producto estandarizado para sufrir la correspondiente transformación en dicha operación.
- *Las cantidades salientes* o unidades de salida son aquellos elementos expresados cuantitativamente que salen de una operación luego de haber recibido el procesamiento correspondiente (transformación, modificación), considerando los desperdicios, mermas o productos defectuosos.
- *El factor de conversión* permite convertir cualquier cantidad intermedia del balance de materia en términos de cantidades de producto terminado. Se obtiene matemáticamente dividiendo la cantidad intermedia entre la cantidad resultante final, debiendo estar referidas ambas a un mismo balance de materia.

Se usarán las siguientes unidades:

- Unidades de entrada, según el rendimiento o el balance de la materia prima.
- Unidades de salida, según el rendimiento o el balance de la materia prima.
- Unidades de producto final, las cuales podrán ser expresadas o representadas en diferentes magnitudes, como unidades de peso, volumen, longitud y otras de naturaleza medible.

Son considerados restrictivos los casos especiales en los cuales se tienen sistemas mixtos de producción, como por producto y por proceso. En estos casos el cálculo de la capacidad se desarrollará en forma separada, primero por proceso y luego por producto (línea de ensamble).

Resolución del modelo

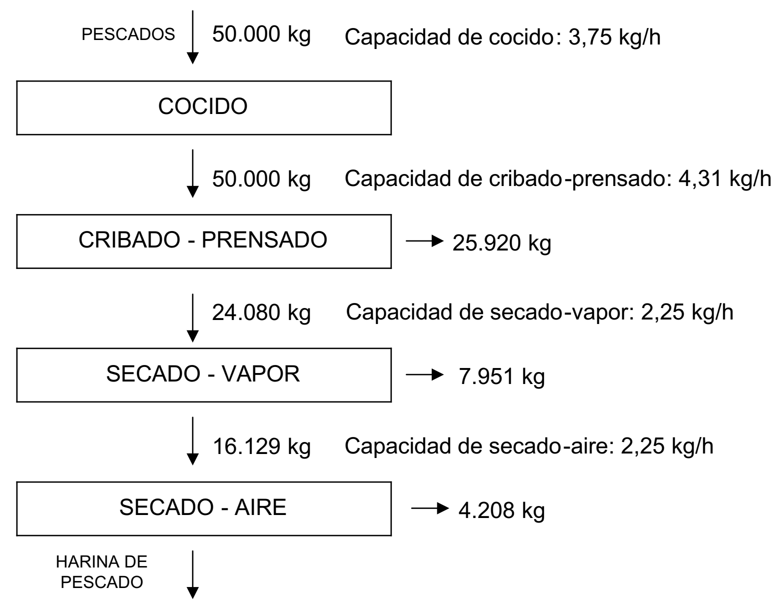
El cálculo de la capacidad comprende la siguiente metodología:

- Elaborar el diagrama de bloque del proceso de producción del producto estandarizado.
- Determinar el balance de materia en el cual se especifican las cantidades entrantes y salientes en cada operación; se forma una secuencia en la cual las cantidades salientes de una operación resultan las cantidades de entrada de la siguiente.
- Calcular la capacidad de cada operación en función de las unidades de entrada o de salida según conveniencia (en todo caso será muy sencillo migrar de una a otra unidad usando el balance de materia).
- Homogeneizar las capacidades parciales mediante un factor de conversión que las exprese en unidades homogéneas de producto terminado, considerando para ello los cambios físicos o químicos sufridos por el material en cada operación.
- Establecer la capacidad de todo el sistema, determinando la operación 'cuello de botella', la cual corresponde a aquella operación que tiene el mayor tiempo de ejecución, o lo que es equivalente: la menor productividad.

Caso:

En este ejemplo se da una transformación de la materia prima o del insumo principal, que en el proceso va recibiendo valor agregado y finalmente se convierte en un producto terminado. La capacidad podrá ser expresada en capacidad de procesamiento (entrada) o en capacidad de producción (salida).

Se desea calcular la capacidad de una planta de productora de harina de pescado.



A continuación se presenta un esquema simplificado del proceso con las respectivas capacidades de cada máquina en las operaciones (véase cuadro de la izquierda).

Considerar:

- Una máquina por cada operación.
- Para todas las operaciones: 7 días por semana, 8 horas reales por turno, 3 turnos por día.
- Para todas las operaciones: factor de utilización (U) de 0,88, factor de eficiencia (E) de 0,95.

Formato: Cálculo de la capacidad de planta con balance de materia

	QE		P	M	D / S	H / T	T	U	E	CO = P x M x D/S x H/T x U x T x E	F/Q	CO x F/Q
Operación (1)	Cantidad entrante según balance de materia	Unidad de medida según entrada	Prod./ hora de máquinas u operarios (2)	Número de máquinas o personas	Días/ semana	Horas reales/ turno	Turnos/ día	Factor de utilización (3)	Factor de eficiencia (4)	Capacidad de producción en unidades según balance de materia para cada operación	Factor de conversión	Capacidad de producción en unidades de producto terminado para cada operación
COCIDO	50.000	Kg	3,75	1	7	8	3	0,88	0,95	556,68	0,238	125,57
CRIBADO - PRENSADO	50.000	Kg	4,31	1	7	8	3	0,88	0,95	605,33	0,238	144,32
SECADO-VAPOR	24.080	Kg	2,25	1	7	8	3	0,88	0,95	316,01	0,238	156,44
SECADO-AIRE	16.129	Kg	2,25	1	7	8	3	0,88	0,95	316,01	0,238	233,56
	F	UNIDAD										
PRODUCTO TERMINADO (EN UNIDADES FINALES)	11.921	Kg										

CAPACIDAD DE PLANTA = MÍNIMA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LAS OPERACIONES EN UNIDADES DE PRODUCTO TERMINADO

125,57 Kg de harina de pescado/semana

6.5 Planificación de la capacidad con árboles de decisión

Una manera conveniente de presentar los pasos de un problema es un árbol de decisión. El formato de árbol no solo ayuda a comprender el problema, sino también a encontrar una solución. Un árbol de decisión es un modelo esquemático de la secuencia de pasos en un problema y las consecuencias de cada paso.

Si bien es una buena referencia el récord de producción alcanzado y la información histórica de la demanda, se debe proyectar la mirada hacia el futuro con un enfoque prospectivo, con el fin de proyectar escenarios y proponer un tamaño de planta que se ajuste rápidamente a los cambios futuros.

Los árboles de decisión se forman con nodos de decisión y ramas que parten de los nodos o llegan a ellos. Convencionalmente, los cuadros representan puntos de decisiones y los círculos indican las opciones disponibles y las que parten de las opciones de sucesos indican la probabilidad de que ocurran.

Para resolver problemas de árboles de decisión, se comienza por el final del árbol y se llega al inicio. Durante este recorrido, se calculan los valores esperados para cada paso.

Después de los cálculos, se depura el árbol eliminando todas las ramas de cada punto de decisión, excepto aquélla que ofrezca mayores frutos. Este proceso continúa hasta llegar al primer problema de decisión.

Se puede aplicar el árbol para casos de decisiones sobre la capacidad de una planta o de cualquier negocio.

Problemas resueltos

1. *Tamaño óptimo de planta por utilidades*

Se desea determinar la alternativa más adecuada para la instalación de una nueva planta, los tamaños disponibles en el mercado son:

Tamaño	Capacidad máxima (unidades/año)	Costo fijo de operación	Costo variable anual a plena operación
T1	30.000	120.000	75.000
T2	40.000	185.000	100.000
T3	57.500	230.400	155.250

Se considera un horizonte de vida de ocho años para el proyecto.

Se ha considerado que la demanda promedio de los próximos ocho años crecerá con una tasa anual de 5% en los primeros dos años y una tasa de 10% en los tres años siguientes, teniendo 12% al final en los tres años restantes, siendo la demanda del año base del estudio de 28.000 unidades.

Se tiene una inversión inicial para cada caso:

	(US$)
T1	440.000
T2	548.750
T3	760.100

El precio de venta del producto está determinado por el mercado y se ha fijado en US$10/unidad.

Solución

Evaluando la demanda

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Previsiones de demanda (unid.)	28.000	29.400	30.870	33.957	37.352	41.089	46.020	51.543	57.729

Evaluando las utilidades de cada alternativa: (proyectados para los próximos ocho años):

Alternativa 1 (capacidad máxima de 30.000 unidades/año)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversión	440.000								
Cantidad demandada		29.400	30.870	33.957	37.353	41.089	46.020	51.543	57.729
Q = cantidad por producir		29.400	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
I = ingreso por venta (P = US$10/unidad) I = P x Q		294.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000
V = Costos variables V = US$2,5 V = v x Q		73.500	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
F = Costos fijos		120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000	120.000
CT = Costo total CT = F + V		193.500	195.000	195.000	195.000	195.000	195.000	195.000	195.000
Flujo neto de efectivo (I – CT)	-440.000	100.500	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000	105.000

$$\text{Utilidad} = \sum_{i=1}^{n} (I - CT)$$

Utilidad total = US$395.500

Nota: En este caso no se ha considerado el valor del dinero en el tiempo.

Alternativa 2 (capacidad máxima: 40.000 unidades)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversión	548.750								
Cantidad demandada		29.400	30.870	33.957	37.353	41.089	46.020	51.543	57.729
Q = cantidad por producir		29.400	30870	33.957	37.353	40.000	40.000	40.000	40.000
I = ingreso por venta (P = US$10/unidad) I = P x Q		294.000	308.700	339.570	373.530	400.000	400.000	400.000	400.000
V = Costos variables V = US$2,5 V = v x Q		73.500	77.175	84.893	93.383	100.000	100.000	100.000	100.000
F = Costos fijos		185.000	185.000	185.000	185.000	185.000	185.000	185.000	185.000
CT = Costo total CT = F + V		258.500	262.175	269.893	278.383	285.000	285.000	285.000	285.000
Flujo neto de efectivo (I - CT)	-548.750	35.500	46.525	69.678	95.148	115.000	115.000	115.000	115.000

Utilidad total = US$158.100

Alternativa 3 (capacidad máxima 57.500 unidades)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Inversión	960.000								
Cantidad demandada		29.400	30.870	33.957	37.353	41.089	46.020	51.543	57.729
Q = cantidad por producir		29.400	30.870	33.957	37.353	41.089	46.020	51.543	57.500
I = ingreso por venta (P = US$10/unidad) I = P x Q		294.000	308.700	339.570	373.530	410.890	460.200	515.430	575.000
V = Costos variables v = US$2,7 V = v x Q		79.380	83.349	91.684	100.853	110.940	124.254	139.166	155.250
F = Costos fijos		230.400	230.400	230.400	230.400	230.400	230.400	230.400	230.400
CT = Costo total CT = F + V		309.780	313.749	322.084	331.253	341.340	354.654	369.566	385.650
Flujo neto de efectivo (I - CT)	-960.000	-15.780	-5.049	17.486	42.277	69.550	105.546	145.864	189.350

Utilidad total = US$ - 410.756,4

Conclusión

La alternativa más adecuada, considerando aquella que produzca mayores utilidades, es la alternativa uno, cuya capacidad máxima es de 30.000 unidades/año.

2. *Tamaño mínimo de planta*

Al final de un estudio económico se desea determinar el tamaño mínimo para instalar una planta.

El proyecto presenta dos opciones diferentes de tecnología para elaborar el producto.

Los requerimientos de cada caso son los siguientes:

	Tecnología A	Tecnología B
Producción	25.000 pz/año	19.000 pz/año
Consumo de combustible	30 gl/H-M	40 gl/H-M
Costo de combustible	S/.8,00/gl	S/.8,00/gl
Costo de mano de obra	S/.4/H-H	S/.5/H-H
Costo de material (kg)	S/.1,00	S/.1,00
Material requerido por pieza	1,20 kg	1,00 kg
H-H requerida por pieza	0,1	0,13
H-M requerida por pieza	0,03	0,04

Los costos fijos de la tecnología A son iguales a US$35.000 y los de la tecnología B son de US$25.000. De acuerdo con el estudio de mercado se estimó una tasa de crecimiento anual del 7%, determinándose para el 2006 una demanda de 31.000 pz/año,

además se ha fijado un precio de venta con un margen de ganancia del 30% sobre el costo variable unitario.

La empresa trabajará en un turno de 8 horas, durante un mes de 23 días.

Solución

Si recordamos el tamaño mínimo de planta nos da una producción en la que la empresa no gana ni pierde; por lo tanto, podemos asumir que para un volumen de ventas Qv, donde los costos fijos y variables son cubiertos por los ingresos (I) que se obtienen de vender Qv productos a un precio (p).

Para aplicar la fórmula, de acuerdo con los datos, nos faltaría determinar exactamente el precio de venta unitario y el costo variable unitario.

Así:

$$Qmin = \frac{CF}{p - v}$$

donde:

CF = costos fijos
p = precio de venta unitario
v = costo variable unitario

Para aplicar la fórmula, de acuerdo con los datos, nos faltaría determinar exactamente el precio de venta unitario y el costo variable unitario.

COSTO VARIABLE TECNOLOGÍA "A"

• Combustible

$$0{,}03 \frac{\cancel{H-M}}{pz} \; \frac{\cancel{30gl}}{\cancel{H-M}} \times \frac{S/.8{,}00}{\cancel{gl}} = S/.7{,}20/pz$$

• Mano de obra

$$\frac{S/.4{,}00}{\cancel{H-H}} \times 0{,}10 \frac{\cancel{H-H}}{pz} = S/.0{,}40/pz$$

• Materia prima

$$\frac{S/.1{,}00}{\cancel{kg}} \times 1{,}20 \frac{\cancel{kg}}{pz} = S/.1{,}20/pz$$

= S/. 8,80/pz

COSTO VARIABLE TECNOLOGÍA "B"

• Combustible

$$0{,}04 \frac{\cancel{H-M}}{pz} \times \frac{\cancel{40gl}}{\cancel{H-M}} \times \frac{S/.8{,}00}{\cancel{gl}} = S/.12{,}80/pz$$

• Mano de obra

$$\frac{S/.5,00}{\cancel{H-H}} \times 0,13 \frac{\cancel{H-H}}{pz} \qquad = S/.0,65/pz$$

• Materia prima

$$\frac{S/.1,00}{\cancel{kg}} \times 1,00 \frac{kg}{\cancel{pz}} \qquad = S/.1,00/pz$$

= S/. 14,45/pz

El precio de venta es un 30% más sobre el costo variable unitario, por lo que será igual a:

S/.11,44 con la tecnología "A"

S/.18,78 con la tecnología "B"

Siendo así, calculamos el tamaño mínimo para cada una de las alternativas presentadas.

$$Q\min = \frac{US\$35.000 \text{ x } S/\ 3,50/\$}{11,44 - 8,80} = \frac{122.500}{2,64} = 46.402$$

Conclusión:

Para el 2006 se estimó una demanda de 31.000 pz/año, por lo tanto el tamaño "B" es el más apropiado, y la tecnología por elegir es la "A".

3. *Industrias de Exportaciones S.A.: Estrategias en sistemas*

José Merino considera la situación de su negocio en los próximos cinco años. En los últimos años el crecimiento de las ventas ha sido bueno, pero desea evaluar si aumenta el número de cabinas de internet y establece una oficina de consultoría.

Asi, Merino considera tres opciones:

- Primera: ampliar el negocio actual.
- Segunda: ubicarlo en un nuevo lugar.
- Tercera: no hacer nada y esperar.

Se ha calculado que el tiempo requerido para la mudanza es mínimo, pues se trata de equipos de oficina y muebles. Así mismo, la ampliación no causaría problemas, pues existen ambientes adyacentes que podrían ser utilizados. De manera que en cualquiera de estos casos el negocio no perdería ingresos.

Si no se hiciera nada el primer año y se presentara una gran demanda, entonces se estudiaría de nuevo la opción de ampliar la empresa.

Si se esperara más de un año es posible que se tuviera una nueva competencia y ya no sería posible pensar en la ampliación. Se tienen las siguientes suposiciones y condiciones:

1. Existe una probabilidad del 60% de que se presente un fuerte aumento en la demanda debido a los mayores requerimientos de internet y correo electrónico de los usuarios.
2. Si existe un fuerte crecimiento y se ubica en un nuevo lugar, el rendimiento anual sería US$36.000.
   Si el crecimiento es débil y se ubica en un nuevo lugar, el rendimiento sería US$28.000.
3. Si se amplía el negocio y hay un fuerte crecimiento, el rendimiento sería de US$34.000. Con la ampliación y crecimiento débil el rendimiento sería de US$26.000.
4. Si no hay cambios en el lugar actual, el rendimiento anual sería de US$24.000 por año durante un periodo de crecimiento fuerte y de US$20.000 si es débil.
5. El costo actual de ampliación de la tienda sería de US$9.000.
6. El costo de trasladarse a otro sitio US$16.000.
7. Si el crecimiento es fuerte y se ampliara el negocio en el segundo año sería de US$9.000.
8. Los costos de funcionamiento son iguales para todas las operaciones.

Solución

Así, se pueden analizar los nodos de decisión y las opciones de sucesos.

Se evaluarán los valores de los nodos y los puntos de decisión.

El punto de decisión 1 tiene tres opciones para analizar.

- *Nodo A: Ampliar la tienda actual*

  Rendimiento con crecimiento fuerte: US$34.000 × 5 años = US$170.000

  Rendimiento con crecimiento débil: US$26.000 × 5 años = US$130.000

  Rendimiento esperado en B: (US$170.000 × 0,6)+(US$130.000×0,4)=$154.000

  Costo de ampliación = US$9.000

  Rendimiento neto de la ampliación = US$145.000

- *Nodo B: Mudarse a otro lugar*

  Rendimiento con crecimiento fuerte: US$36.000 × 5 años = US$180.000

  Rendimiento con crecimiento débil: US$28.000 × 5 años = US$140.000

  Rendimiento esperado en B: (US$180.000 × 0,6)+(US$140.000×0,4)=$164.000

  Costo de traslado = US$16.000

  Rendimiento neto del nuevo lugar = US$148.000

- *Nodo C: No hacer nada*

  Analizando el caso de crecimiento fuerte:

  Punto de decisión 2

– Considerando que después de un año de no hacer nada, se realice una ampliación

  Rendimiento con crecimiento fuerte
  US$24.000 x 4 = US$96.000

  Costo de ampliación = US$9.000

  Rendimiento con ampliación = US$87.000

– Considerando que no se haga nada

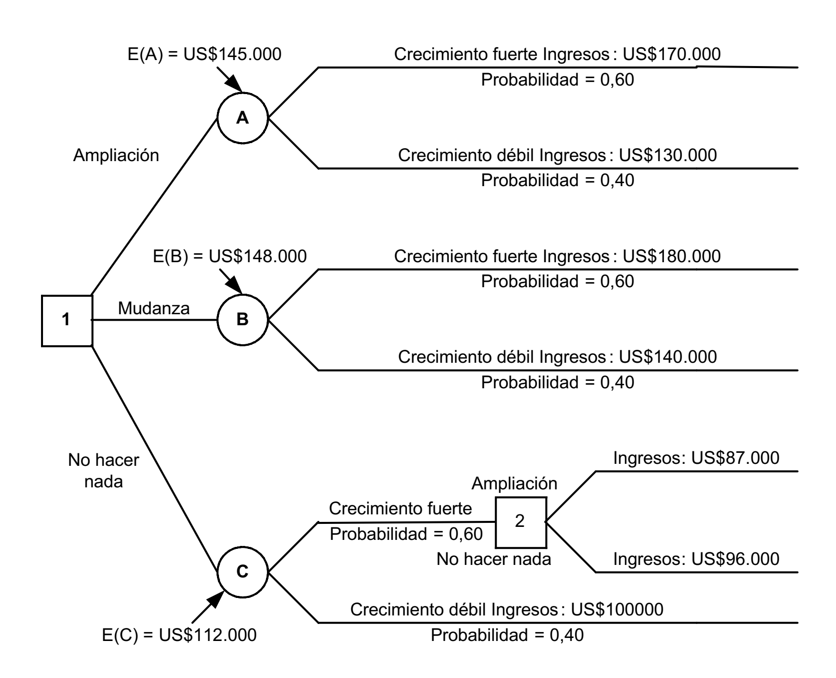
  Rendimiento con crecimiento fuerte
  US$24.000 x 4 = US$96.000

  Así, en este punto de decisión se observa que será más conveniente no hacer nada.

Analizando el caso de crecimiento débil:

  Rendimiento con crecimiento débil
  US$20.000 x 5 = US$100.000

  Rendimiento esperado en el nodo C:
  US$120.000 x 0,60 + US$100.000 x 0,40 =
  US$72.000 + US$40.000 = US$112.000



E(x) = ingresos esperados en la opción X.

Conclusión

La mejor decisión será mudarse a otro lugar, obteniéndose un rendimiento de US$148.000.

Capítulo

4 *Estudio de la disposición de planta*

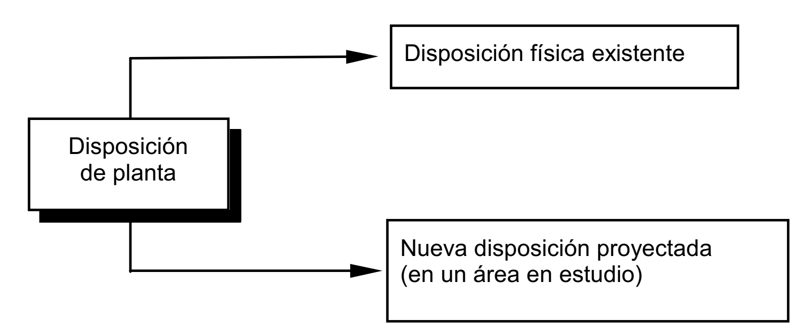
En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- *Definición*
- *Ventajas*
- *Principios básicos*
- *Tipos de estudios*
- *Tipos de disposición de planta*
- *Planeamiento sistemático para la disposición de planta*

El objetivo de este capítulo es analizar la importancia de la disposición de las instalaciones para disminuir los costos, mejorar el nivel de productividad y de calidad. Para ello, se presentan los diferentes modelos de disposición que suelen emplearse en empresas manufactureras y de servicios, tales como la distribución por proceso, por producto, celular y en posición fija, detallando sus ventajas y desventajas.

1. Definición

La disposición de planta es el ordenamiento físico de los factores de la producción, en el cual cada uno de ellos está ubicado de tal modo que las operaciones sean seguras, satisfactorias y económicas en el logro de sus objetivos.



Esta disposición puede ser una disposición física ya existente o una nueva disposición proyectada.

Por lo general, la mayoría de las distribuciones quedan diseñadas eficientemente para las condiciones de partida; sin embargo, a medida que la organización crece o se adapta a los cambios internos y externos, la distribución se torna inadecuada y es necesario efectuar una redistribución.

2. Ventajas

Las ventajas de una buena disposición de planta se traducen en una reducción del costo de fabricación y un aumento de la productividad como resultado de los siguientes puntos:

- Reducción
  - De la congestión y confusión.
  - Del riesgo para el material o su calidad.
  - Del material en proceso.
  - Del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general.
  - Del riesgo para la salud y el aumento de la seguridad de los trabajadores.
  - Del manejo de materiales, coordinando apropiadamente el uso de los diferentes equipos.
  - De la inversión en equipo.
  - Del tiempo total de producción.
  - De costos de acarreo de material.
- Eliminación
  - Del desorden en la ubicación de los elementos de producción.
  - De los recorridos excesivos.
  - De las deficiencias en las condiciones ambientales de trabajo.
- Facilitar
  - O mejorar el proceso de manufactura.
  - La definición de la estructura organizacional.
  - El ajuste a los cambios de condiciones.
- Uso más eficiente
  - De la maquinaria, de la mano de obra y de los servicios.
  - Del espacio existente.
- Mejora de las condiciones de trabajo para el empleado.
- Logro de una supervisión más fácil y mejor.
- Incremento de la producción.
- Mantener flexibilidad de la operación o servicio.

3. Principios básicos

Para poder lograr una disposición de planta óptima, se deberán considerar los siguientes principios expuestos por Muther (1970: 19).

Si bien estos principios deben cumplirse en cualquier disposición de planta; dependiendo del tipo de industria o tipo de sistema de producción, algunos de ellos se priorizarán sobre los otros.

3.1 Integración de conjunto

La mejor disposición es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor, de modo que se logre la mejor coordinación entre ellos.

3.2 Mínima distancia recorrida

En igualdad de condiciones es siempre mejor la disposición que permite que la distancia que el material va a recorrer entre operaciones sea la más corta.

Será conveniente ubicar las operaciones sucesivas en lugares adyacentes. De este modo, eliminaremos el transporte innecesario entre ellas, pues cada una descargará el material en el punto en el que el siguiente lo recoge.

3.3 Circulación o flujo de materiales

Es mejor aquella disposición que ordena las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales.

El material se moverá progresivamente desde cada operación o proceso hacia el siguiente hasta su terminación, pero esto no significa necesariamente que se moverá en línea recta o en una sola dirección. Se centra en un constante progreso hacia la terminación, con un mínimo de interrupciones, interferencias o congestiones (véase anexo 1).

3.4 Espacio cúbico

La economía se obtiene utilizando, de un modo efectivo, todo el espacio disponible, tanto vertical como horizontalmente. Los hombres, las máquinas y el material tienen tres dimensiones, por tanto, la disposición debe utilizar la tercera dimensión de la fábrica tanto como el área del suelo.

3.5 Satisfacción y seguridad

En igualdad de condiciones será siempre más efectiva la disposición que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores.

La seguridad es un factor de gran importancia en la mayor parte de las disposiciones y es vital en algunas de ellas. Una disposición nunca puede ser efectiva si se somete a los trabajadores a riesgos o accidentes.

Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La seguridad y la salud están siempre en primer lugar; ningún diseño es aceptable cuando pone en peligro la salud o la seguridad de los trabajadores.
- La comodidad es importante; la fatiga, el sufrimiento o el dolor innecesarios deben evitarse, asimismo debe considerarse el factor ergonómico.
- Se debe diseñar un espacio para estimular el contacto social de los trabajadores.

3.6 Flexibilidad

Siempre será más efectiva la disposición que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

Para lograrlo deben contemplarse los siguientes aspectos:

- Diseño del edificio.
- Servicios de planta.
- Selección del equipo.
- Expansión y contracción planeadas.

La investigación y la tecnología avanzan con rapidez, exigiendo que la industria siga este ritmo de progreso. Ello implica cambios frecuentes en los diseños, métodos, equipo y fechas de entrega. Si la empresa no se adapta con la suficiente rapidez se pueden perder muchos clientes. Por ello, se esperan grandes beneficios de una disposición que permita contar con una planta fácilmente adaptable o ajustable con rapidez y economía.

4. Tipos de estudio

Entre los tipos de estudio citaremos los siguientes:

4.1 Proyecto de una planta completamente nueva

Debido a:

- Expansión de la empresa.
- Ubicación de una sucursal.
- Innovación tecnológica.
- Nuevas fuentes de recursos, en los que se requiere la explotación en el lugar de la ubicación.

4.2 Expansión o traslado a una planta ya existente

Debido a:

- Cambio de giro del negocio.
- Ampliación del mercado.
- Síntomas de utilización deficiente del espacio.
- Ubicación estratégica de la planta propuesta.

4.3 Reordenación de una disposición ya existente

Debido a:

- Deficiente utilización del espacio.
- Acumulación excesiva de materiales en proceso.
- Excesivas distancias por recorrer en el flujo de trabajo.
- Simultaneidad de cuellos de botella y ociosidad en los centros de trabajo.
- Trabajadores calificados realizando demasiadas operaciones poco complejas.
- Ansiedad y malestar de la mano de obra.
- Accidentes laborales.
- Dificultad de las operaciones.

4.4 Ajustes menores en disposiciones ya existentes

Debido a:

- Cambio en el diseño del producto.
- Requerimiento de instalación de una nueva máquina.
- Variación de la demanda.
- Variación de las condiciones de operación.

5. Tipos de disposición de planta

Para la disposición de planta se presentan tres tipos de distribución fundamentales: por posición fija, por proceso y por producto. Los diseños de cada uno de estos se diferencian entre sí de acuerdo con los siguientes tres factores:

- *Producto*.- Se debe revisar si es un solo producto o sin son productos estandarizados, varios productos o un producto a pedido.
- *Cantidad*.- Si se requiere en grandes volúmenes de producción, cantidades intermitentes o solo una unidad.
- *Proceso productivo*.- Si la producción es continua, por lotes o *batch*, o por proyectos.

En la práctica, y debido a la flexibilidad que deben tener los procesos, no siempre se observará un solo tipo de disposición de planta, sino más bien combinaciones de estos en las diferentes etapas de producción.

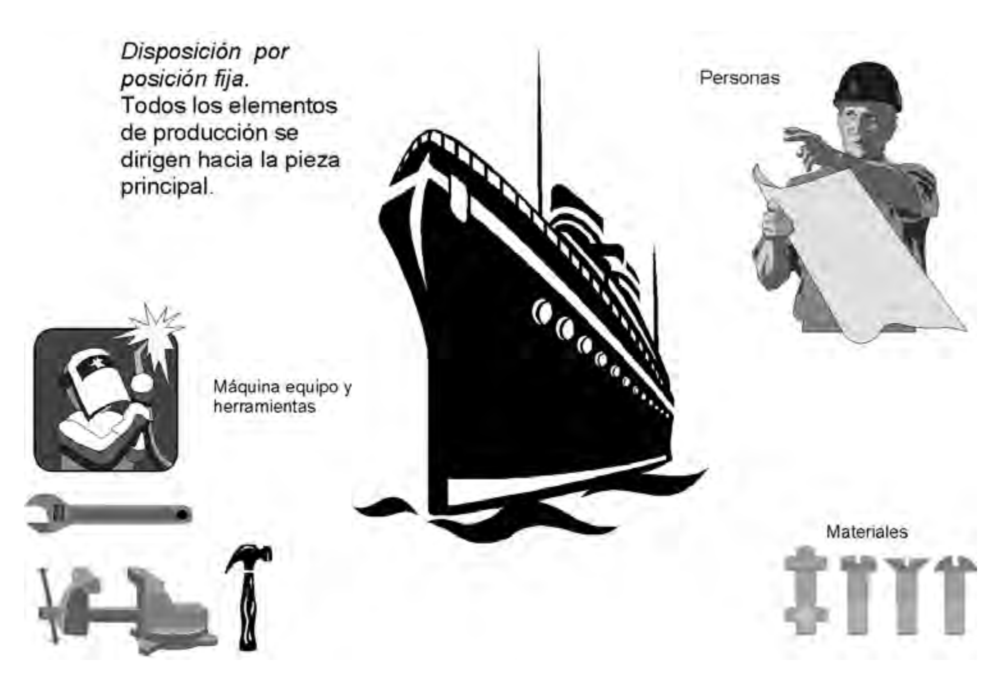
5.1 Disposición por posición fija

Se trata de la disposición en la que el material o el componente principal permanece en un lugar fijo, y los trabajadores, las herramientas, la maquinaria y otras piezas de material son dirigidos hacia este.

El producto se elabora con el componente principal estacionado en una misma posición. Pero al final de las operaciones el producto se ubica en el lugar requerido para cumplir su función. La producción se maneja como un proyecto; por ejemplo, las distribuciones de planta para la construcción de barcos, aviones, etc.

5.1.1 Ventajas de una disposición por posición fija

- Reduce el manejo de la pieza mayor.
- Permite que se realicen cambios frecuentes en el producto y en la secuencia de operaciones.
- Se adapta a gran variedad de productos y a la demanda intermitente.
- Es más flexible, ya que no requiere una distribución muy organizada ni costosa.



Disposición por posición fija. Todos los elementos de producción se dirigen hacia la pieza principal

5.1.2 ¿Cuándo emplear la posición fija?

- En el caso de productos de gran tamaño y peso.
- Si se elaboran pocas unidades o una sola.
- Si el traslado de la pieza mayor genera costos elevados o dificultades en el proceso.

5.2 Disposición por proceso o por función

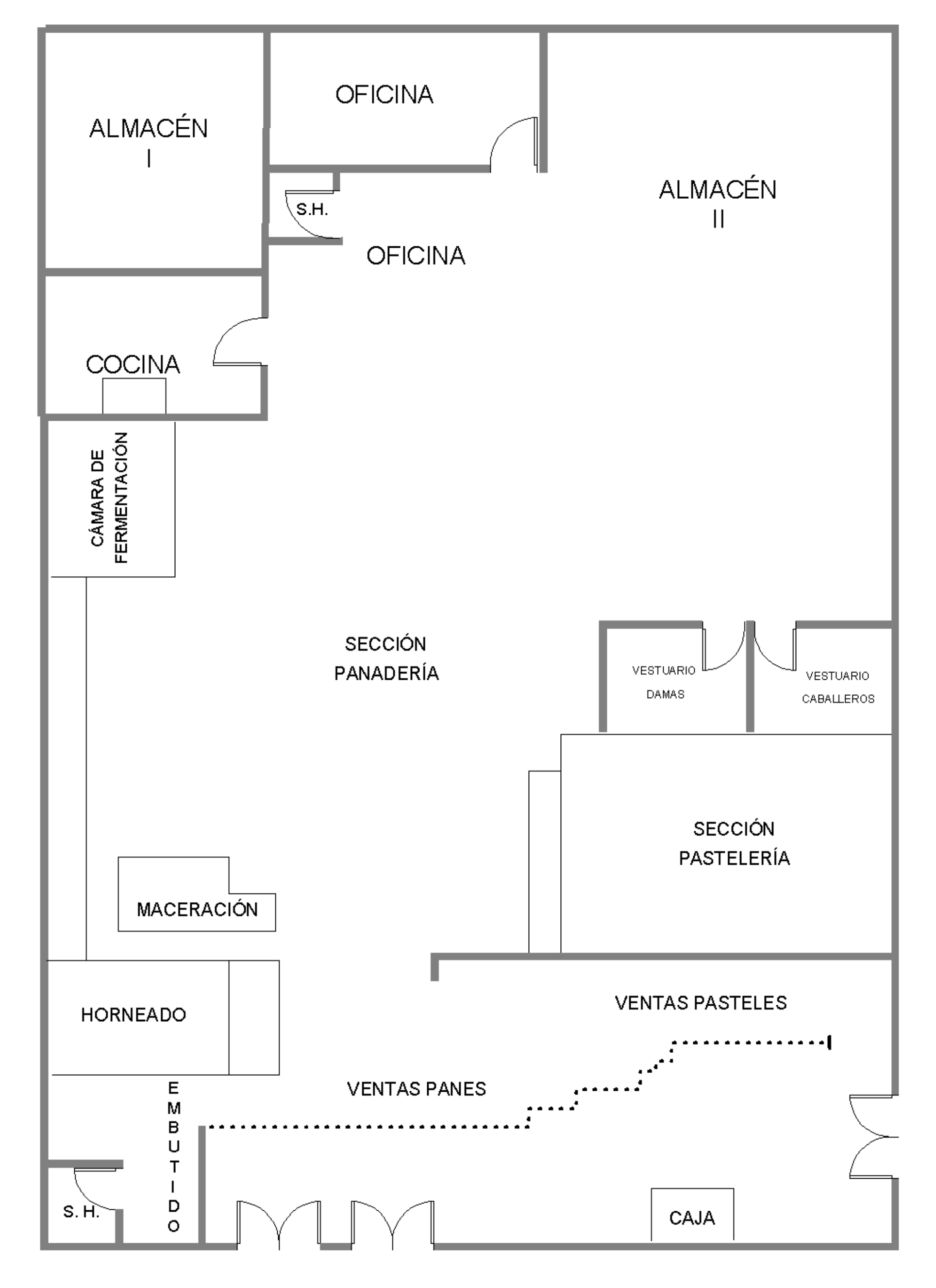
En ella todas las operaciones del mismo proceso, o tipo de proceso, están ubicadas en un área común. Las operaciones similares y el equipo están agrupados de acuerdo con el proceso o función que llevan a cabo; por ejemplo, en plantas de metalmecánica, hospitales, talleres artesanales y fábricas de panificación.

5.2.1 Ventajas de la disposición por proceso

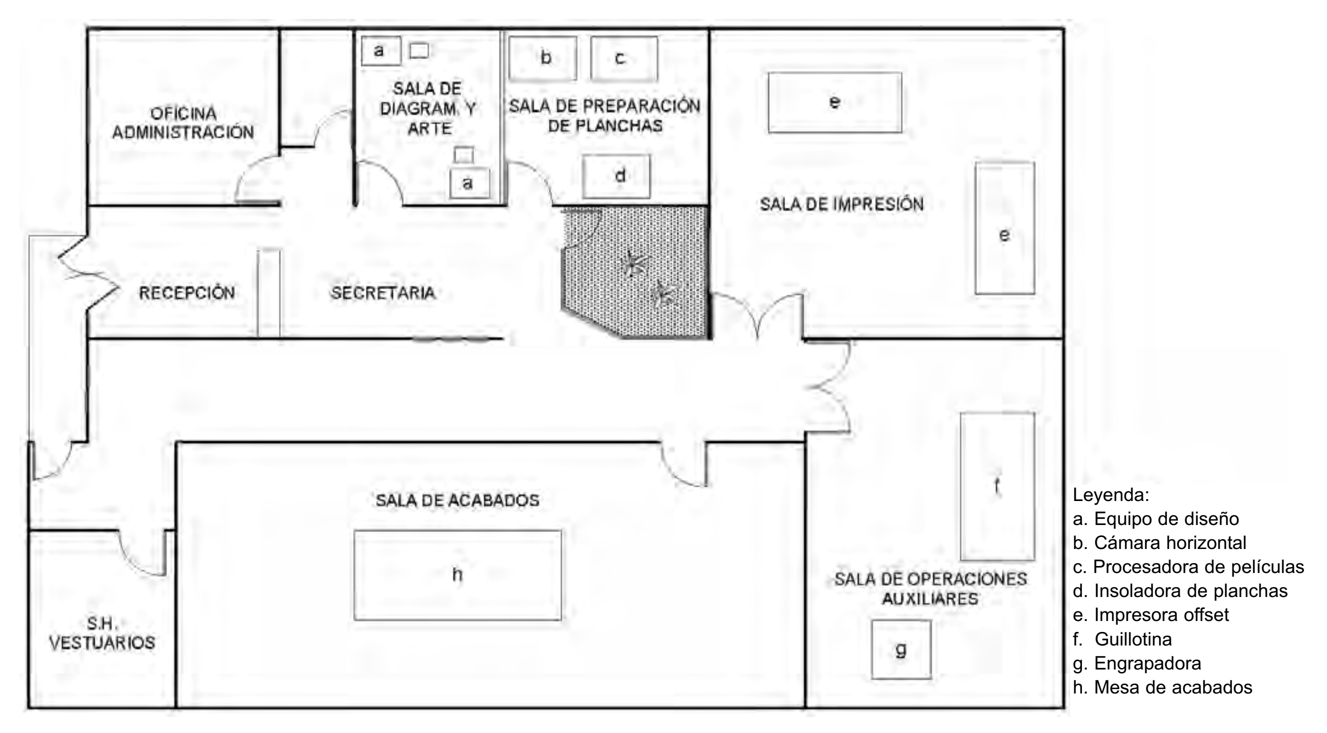
- Una mejor utilización de la maquinaria, lo que permite reducir las inversiones en este rubro.
- Se adapta a gran cantidad de productos, así como a cambios frecuentes en la secuencia de operaciones.
- Se adapta a las variaciones en los programas de producción (demanda intermitente).
- Es más fácil mantener la continuidad de la producción en los casos de:
  - Avería de maquinaria o equipo.
  - Escasez de material.
  - Ausencia de trabajadores.

5.2.2 *¿Cuándo emplear disposición por proceso?*

- Si la maquinaria es muy cara y difícil de mover.
- En el caso de que se fabriquen diversos productos.
- Si se presentan variaciones de tiempos requeridos para la producción.
- Si la demanda es intermitente o pequeña



Distribución por procesos de una panadería y pastelería.



Distribución por procesos de una imprenta

5.3 Disposición en producción en cadena, en línea o por producto

En ella un producto o tipo de producto se elabora en un área; pero, al contrario de la disposición fija, el material está en movimiento. Se dispone de cada operación una al lado de la siguiente. Cada una de las unidades requiere la misma secuencia de operaciones de principio a fin.

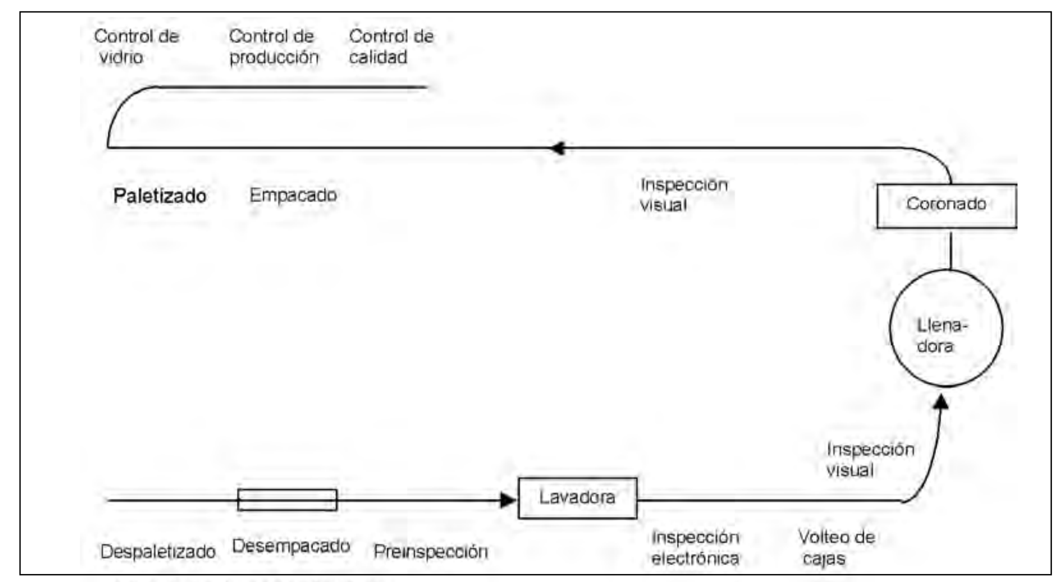
La maquinaria y el equipo están ordenados de acuerdo con la secuencia de las operaciones; por ejemplo, en el ensamblaje de automóviles y plantas embotelladoras de bebidas.

5.3.1 Ventajas de la distribución por producto

- Se reduce el manipuleo del material.
- Disminuye la cantidad de material en proceso, permitiendo reducir el tiempo de producción y la inversión en material.
- Mayor eficiencia en la mano de obra, por la mayor especialización y facilidad de entrenamiento.
- Mayor facilidad de control de la producción y sobre los trabajadores, reduciéndose el número de problemas entre los departamentos de la empresa.
- Se reduce la congestión y el área de suelo ocupado.

5.3.2 ¿Cuándo emplear disposición en cadena?

- Si hay gran cantidad de unidades por fabricar.
- En el caso de que el producto esté estandarizado.
- Si la demanda del producto es estable.
- Cuando la producción sea continua y el ritmo de producción que se genere justifique los costos de instalación.
- Si la línea está equilibrada en tiempo (todas las operaciones en el mismo lapso de ejecución).



Distribución en línea



Planta de embotellado

Las disposiciones resultan de una combinación de los tres tipos clásicos de disposiciones, donde se aprovechan las ventajas de cada tipo en su lugar apropiado para reducir los costos de manipulación y la cantidad de material en proceso; conservando, al mismo tiempo, la flexibilidad y elevada utilización de la mano de obra, de la maquinaria y del equipo.

Es difícil clasificar una disposición determinada en un tipo específico. Una disposición no es buena o mala simplemente porque no tenga una cadena cuidadosamente equilibrada. Se pueden tomar en cuenta otras consideraciones sobre las diferencias entre los tipos de disposición de planta. En el cuadro que aparece en la página 122 se presenta un análisis desarrollado por Domínguez Machuca (1995).

Los avances tecnológicos y las variaciones de la demanda del mercado han hecho necesaria la adopción de nuevas formas de distribución, como son las células de trabajo.

5.4 La célula de trabajo

La distribución celular es una mezcla de la distribución por productos y de las distribuciones por procesos, que permite alcanzar eficiencia y flexibilidad en la elaboración o fabricación de productos de una misma familia, asignándoles mano de obra y maquinaria para su producción (véase plano en la página 122).

En una célula los productos fluyen continuamente de uno en uno o en pequeños lotes, de una persona a otra. El tiempo transcurrido entre el comienzo de la primera y la última operación es aproximadamente igual al tiempo total de mecanizado y manipulación de una pieza. Estas diferencias entre el flujo de operaciones y el desplazamiento de un lote completo entre operaciones es la razón por la cual el tiempo de fabricación suele ser un 90% más bajo en una célula que en una fábrica organizada de forma funcional.

En este tipo de organización, las existencias de reserva de piezas ya mecanizadas, las colas de entrada en cada proceso y el área de almacenamiento de entrada/salida son mínimas.

Agrupación funcional	Células
• Existe un operario por máquina.	• Atendidos por un número de operarios entre 50% y 70% menor que el de las máquinas.
• Alta utilización de la máquina.	• Proximidad de las máquinas.
• Pobre aprovechamiento del tiempo del operario.	• Un operario atiende varias máquinas, a la vez, sin desplazarse.

Un buen diseño de células no solo incluye la organización de las máquinas sino también la creación de almacenes descentralizados para cada célula o grupo de células.

Los primeros intentos para crear células fracasaron porque:

- No se redujeron los tiempos de preparación y cambio de modelo de las máquinas: los grandes lotes daban lugar a intervalos excesivos y plazos largos de maduración.
- El tiempo de parada de la célula por avería de máquinas es desmesurado: cuando una máquina se averiaba, todas se paraban.

5.4.1 Ventajas de las células

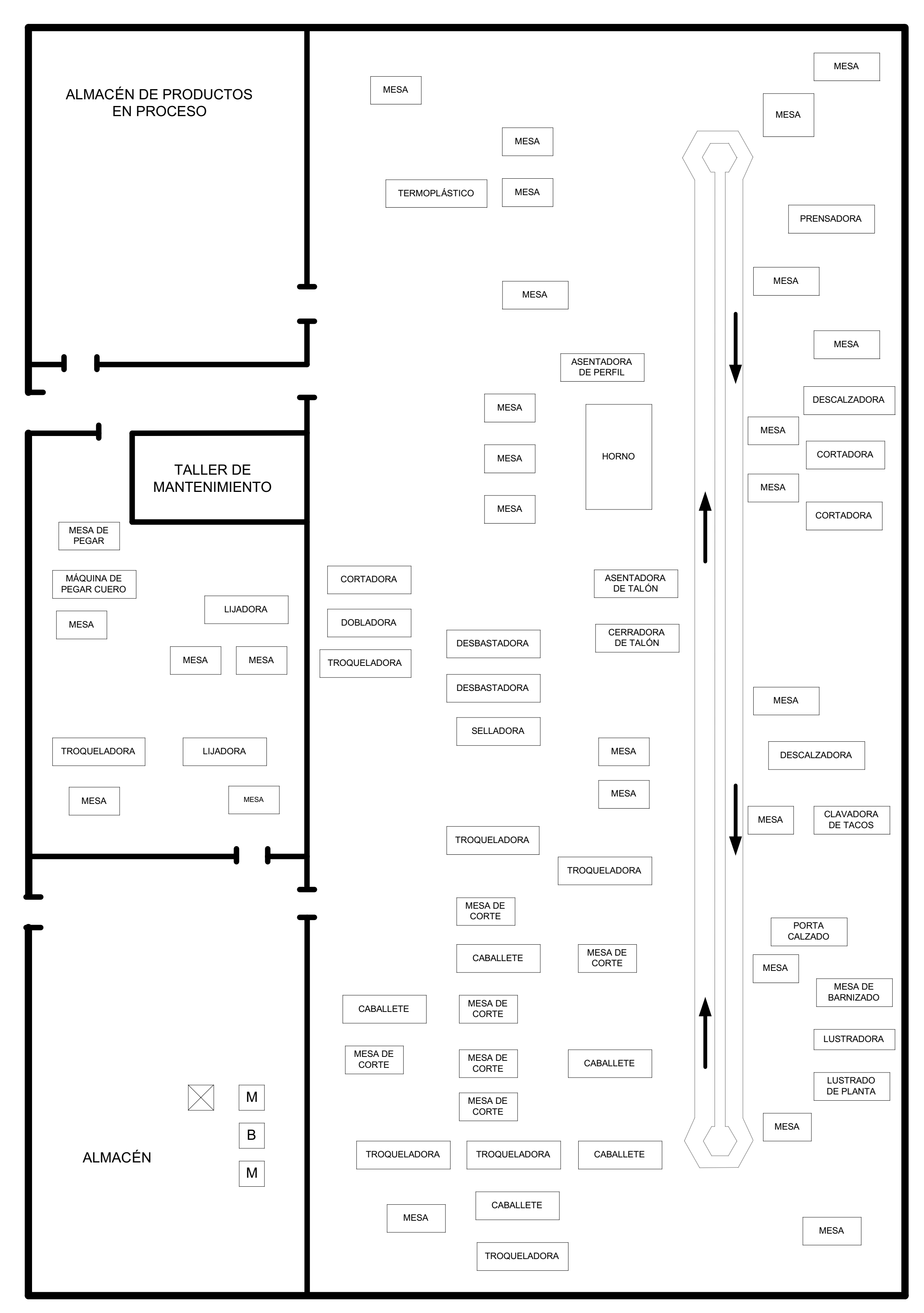
- Reducción drástica del tiempo de maduración.
- Formación de operarios para realizar operaciones distintas dentro de una célula.
- Pueden ser atendidas por un número variable de operarios en diferentes turnos.
- El inventario se reduce en la misma proporción que el tiempo de maduración.
- Los tiempos y los costos asociados de preparación de máquinas disminuyen al fabricar productos con las mismas preparaciones en la célula.
- El número de contenedores y los costos de manipulación de materiales se reducen drásticamente.

5.5 Semicélula

Conjunto de máquinas que ejecutan todas las operaciones para producir un grupo de componentes.

Diferencias	
Semicélula	**Célula**
• Las distintas piezas producidas se mecanizan en secuencias distintas.	• Todas las piezas siguen la misma secuencia.
• El área de almacenamiento descentralizado es mayor.	• Proximidad de las máquinas.
• Pobre aprovechamiento del tiempo del operario.	• El área es menor porque las piezas fluyen continuamente.

La semicélula es útil cuando la secuencia de mecanizado varía mucho entre una pieza y otra o cuando hay una variación grande entre los ciclos de las máquinas.



Distribución celular de una planta productora de calzado.

5.6 Talleres subplanta

Cuando las máquinas no se pueden insertar en las células o semicélulas, la opción es organizarse en talleres subplanta para fabricar en un conjunto de máquinas grupos de productos o componentes, por ejemplo cuando:

- Las piezas mecanizadas tienen una gran variedad de secuencias de recorrido.
- El número de piezas mecanizadas es muy alto y el volumen de cada pieza es muy bajo.
- No hay tiempo ni presupuesto suficiente para crear células, se desarrollan para piezas de mayor volumen de producción.

5.7 Tecnología de grupo

Codificación de las características y dimensiones de las piezas para agruparlas según los requisitos del proceso. La codificación, después de analizada, permite identificar una célula con un grupo. El enfoque de matriz de procesos simplifica la tarea, que es más ágil cuando se divide el trabajo en pequeños segmentos manejables.

El modo más rápido de diseñar e implantar células es aprovechar las máquinas en uso en vez de ir estudiando cada pieza para determinar si se deben cambiar sus operaciones a otra máquina más económica, cambio que supone la modificación de sus herramientas y útiles, lo que retrasa la implantación y aumenta los costos.

Para desarrollar células nuevas, a veces se requiere asignar operaciones a máquinas que no son especializadas en la hoja de ruta actual. Las modificaciones, aunque traen uso de tiempo y esfuerzo innecesarios, son útiles cuando las hojas de ruta no indican una máquina determinada, o la que indican no es la de menor costo o no es la que más se usa para producir la pieza.

	Distribución de planta		
	Producto	**Por proceso**	**Por posición fija**
Producto	• Estandarizado • Alto volumen de producción • Tasa de producción constante	• Diversificados • Volúmenes de producción variables • Tasas de producción variables	• Normalmente, bajo pedido • Volumen de producción bajo (con frecuencia una sola unidad)
Flujo de trabajo	• Línea continua o cadena • Todas las unidades siguen la misma secuencia de operaciones	• Flujo variable • Cada ítem puede requerir una secuencia de operaciones propia	• Mínimo o inexistente • El personal, la maquinaria y los materiales van al producto cuando se necesita
Mano de obra	• Altamente especializada y poco calificada • Capaz de realizar tareas rutinarias y repetitivas a ritmo constante	• Fundamentalmente calificada sin necesidad de estrecha sup ervisión y moderadamente adaptable	• Alta flexibilidad de la mano de obra (la asignación de tareas es variable)
Personal *staff*	• Numeroso personal auxiliar en supervisión, control y mantenimiento	• Necesario en programación y manejo de materiales y control de la producción y los inventarios	• Fundamentalmente en la programación y coordinación de actividades
Manejo de materiales	• Previsible, sistematizado y a menudo automatizado	• Variable, a menudo hay duplicaciones, esperas y retrocesos	• Variable y a menudo escaso • En ocasiones se requieren equipos (de tipo universal) para cargas pesadas
Inventarios	• Alto inventario de productos terminados • Alta rotación de inventarios de materias primas y material en proceso	• Escaso inventario de productos terminados • Altos inventarios y baja rotación de materias primas y materiales de curso	• Inventario; variables y frecuentes inmovilizaciones (ciclo de trabajo largo)
Utilización del espacio	• Eficiente: elevada salida por unidad de superficie	• Ineficiente: baja salida por unidad de superf icie • Gran necesidad de espacio del material en proceso	• Generalmente toda la superficie es requerida por un único producto (una sola unidad)
Necesidades de capital	• Elevada inversión en procesos y equipos altamente especializados	• Inversiones más bajas en proceso y equipos de carácter general	• Equipos y procesos móviles de carácter general
Coste del producto	• Costes fijos, relativamente altos • Bajo coste unitario por mano de obra y materiales	• Costes fijos, relativamente bajos • Alto coste unitario por mano de obr a y materiales	• Costes fijos, relativamente bajos • Alto coste unitario por mano de obra y materiales

Tipos de distribución de planta

Fuente: Domínguez Machuca (1995).

A continuación se detallan las actividades del proceso para la elaboración de triplay de diferentes espesores.

Primero se abastece de la materia prima, que en este caso son trozas de madera, las cuales se colocan, por medio de grúas, en la máquina denominada "sierra de cadena", donde es cortada la madera y adquiere las medidas indicadas; asímismo, se eliminan las raíces, ramas y defectos que aún tengan las trozas, y luego pasa a la descortezadora.

Una vez libres de la corteza se acomodan en el torno, se centran convenientemente para obtener las láminas que formarán el triplay.

Las láminas húmedas van desde el torno a la guillotina, donde se determina el ancho de las láminas que se usarán como caras y el de las que se usarán como almas, para luego pasar al secador mediante rodillos con el fin de secarlas hasta que la humedad final sea del 10%.

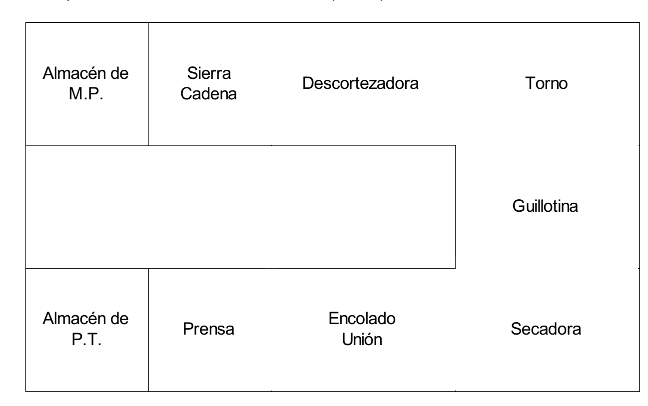
Las láminas secas son encoladas y se unen varias de ellas hasta formar el espesor del tablero, para pasar al prensado.

El tablero formado con las láminas es recortado con el fin de obtener el paralelismo; esto se efectúa por medio de las cadenas transportadoras que llevan el tablero a la guillotina.

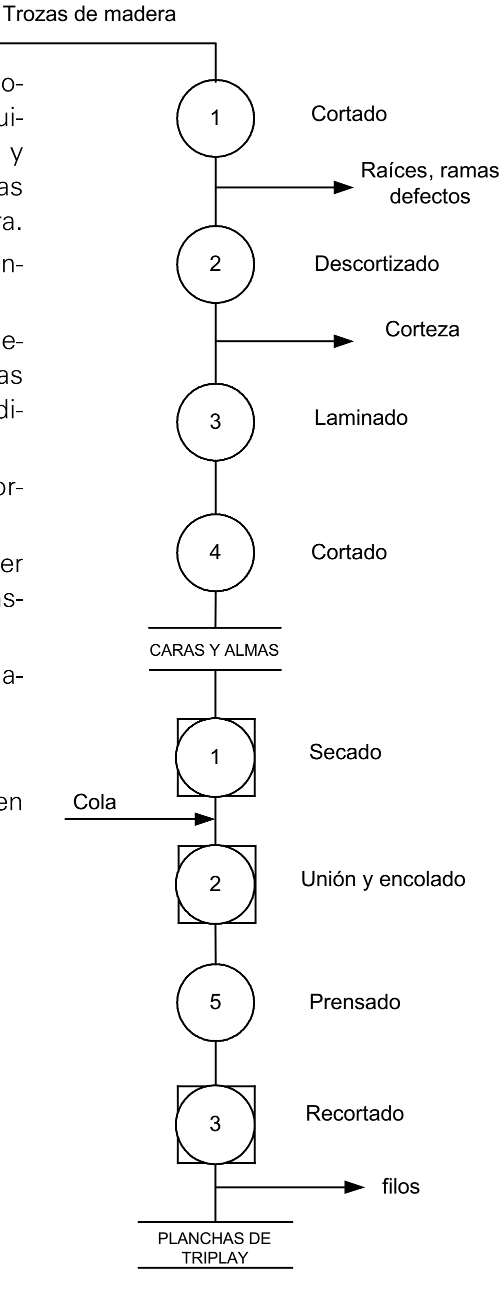
Finalmente, los tableros de triplay son transportados hasta el almacén mediante cargadores frontales.

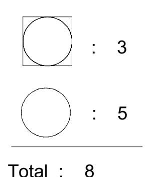
Se le solicita:

- ¿Qué tipo de disposición de planta recomendaría para un buen trabajo? Presente un bosquejo de la disposición de planta.
  - Disposición en cadena o por producto.



- ¿Qué principios de disposición se deben contemplar como los más importantes para el éxito en el ordenamiento físico?
  - Mínima distancia recorrida: materia prima voluminosa; circulación o flujo de materiales: secuencia rígida; espacio cúbico: materia prima voluminosa.
- ¿Qué sistema de producción utilizaría?
  - Por lotes.
  - Por línea.





Total : 8

6. Planeamiento sistemático para la disposición de planta

Planear es el acto de establecer un método para lograr algo. Cuando se aplica a las instalaciones, la planeación se usa para definir la configuración y los métodos de operación previstos para estas.

El objetivo de un planeamiento es visualizar la disposición de planta en planos o maquetas y realizar los ajustes necesarios, antes de ejecutar la etapa de implementación; de esta manera, pueden evitarse costos innecesarios e inconvenientes que se generarían si luego de terminada la edificación se observan deficiencias en la disposición.

Existe un alto capital invertido en las instalaciones, entonces, si se planifican adecuadamente y se utilizan de manera eficiente, estas tendrán un efecto positivo en los costos y las capacidades de operación.

Información obtenida de marketing	Planeamiento de facilidades donde impacta esta información
¿Quiénes son los consumidores de los productos?	Empaque Susceptibilidad de cambios del producto Susceptibilidad de cambios en las estrategias de marketing
¿Dónde están localizados los consumidores?	Facilidades de localización Métodos de distribución Diseño de sistemas de almacenamiento
¿Por qué el consumidor compraría el producto?	Estacionalidad Variedad en ventas Empaque
¿Cómo compraría el producto el consumidor?	Tamaño de la unidad de carga Orden de pedido Unidad de empaque
¿Qué porcentaje del mercado captaría el producto y quién es la competencia?	Futuras tenencias Crecimiento potencial Necesidades por flexibilidad
¿Cuál es la tendencia en los cambios del producto?	Ámbito de distribución Crecimiento potencial Requerimientos por flexibilidad

Información valiosa que debe obtenerse del análisis del mercado, usada para el planeamiento de facilidades.

6.1 Desarrollo del planeamiento sistemático

Las etapas para el desarrollo del planeamiento sistemático para la disposición en planta son las siguientes:

- Investigar, hacer proyecciones específicas, pronósticos de las necesidades del producto y los requerimientos de capacidad, tecnologías de operación y apoyo.
- Relacionar los elementos principales y establecer el plan conceptual o ideal para el componente principal; se analizan los cinco componentes (producto, cantidad, recorrido, servicio y tiempo) de la planeación, considerando los principios de la disposición de planta.
- Integrar el plan conceptual del componente principal a los planes de cada componente y desarrollarlo en planos preliminares.
- Modificar los planos preliminares de las instalaciones y ajustarlos hasta llegar a otros planos específicos.
- Evaluar las posibilidades y aprobar el plano de instalaciones seleccionado.

6.2 Elementos básicos en los que se funda el problema de planeamiento

En el caso de plantas que se venden en la modalidad de "llave en mano" y de aquellas plantas subsidiarias de alguna empresa internacional, ciertas etapas ya han sido resueltas, sobre todo la referida a la selección de la tecnología; sin embargo, deberán realizarse los estudios correspondientes a la adaptación para las condiciones específicas de la localización elegida.

Para efectuar un planeamiento sistemático para la disposición de planta se deben considerar cinco elementos que están en juego para el éxito del mejor ordenamiento físico:

- P = Producto
  Comprende los productos fabricados por la empresa o taller en estudio, las materias primas y las piezas comprobadas, los productos terminados y los semiterminados.
- Q = Cantidad o volumen
  Es la cantidad de productos fabricados o materiales empleados. Las cantidades pueden ser valoradas por número de piezas, por toneladas, por metros cúbicos, por valor producido o vendido.
- R = Recorrido
  Es el proceso y el orden de operaciones. El recorrido del trabajo en la zona de actividades depende del orden de las operaciones; se puede tomar como referencia el diagrama de operaciones del proceso.
- S = Servicios anexos
  Estos comprenden: mantenimiento, reparaciones, vestuarios y sanitarios, comedor, servicio médico, oficinas de producción, muelles de carga y descarga, áreas de recepción y expediciones, y las zonas de almacenes.
- T = Tiempo
  Permite precisar cuándo deben fabricarse los productos:
  - Para cuándo fabricar determinado producto.
  - Programar la producción.
  - El tiempo requerido en cada operación determinará el proceso y la elección de las máquinas.

6.3 Fases o etapas del planeamiento

La preparación racional del planeamiento es, en esencia, una forma organizada de enfocar los proyectos de la disposición de planta.

Consiste en fijar un cuadro operacional de fases, una serie de procedimientos, un conjunto de normas que permitan identificar, valorar y visualizar todos los elementos que intervienen en la preparación de un estudio de la disposición de planta.

Así, se definen las siguientes fases:

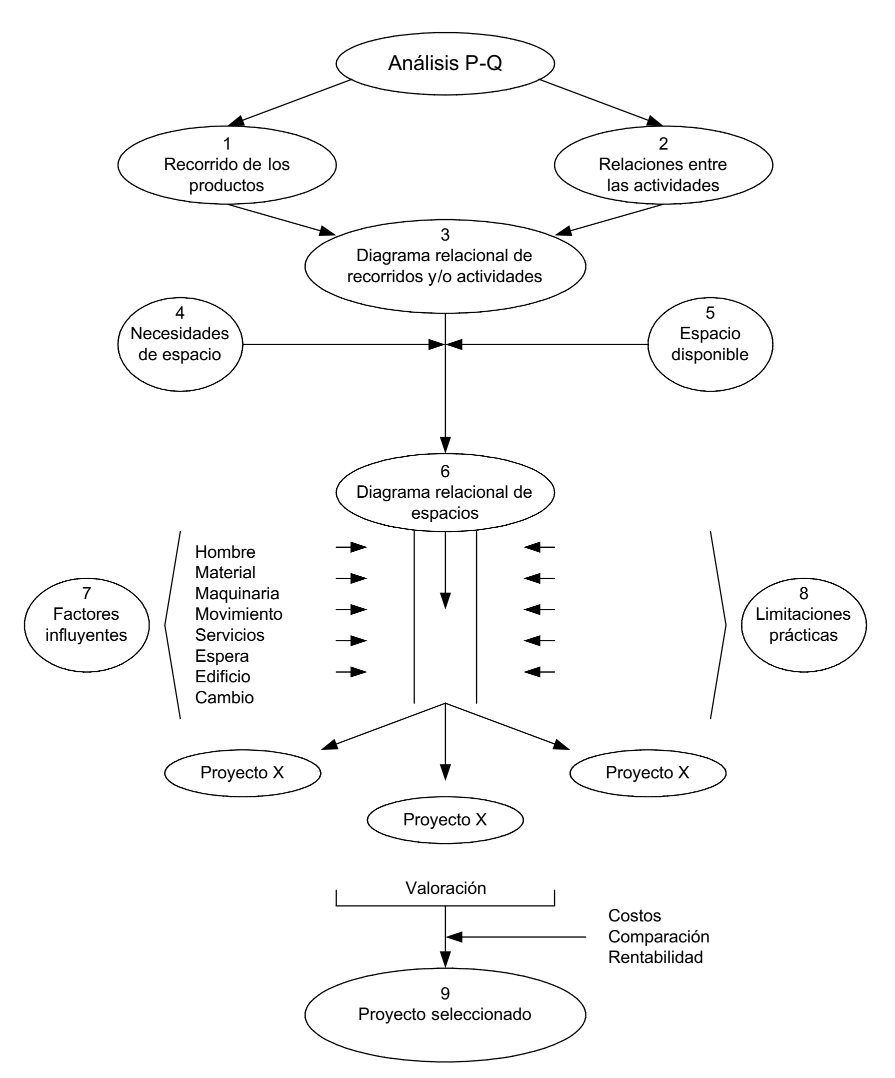
- Fase uno: Determinación del problema
  Definición del proyecto en cuanto al alcance, los requerimientos, ubicación física y condiciones externas. Para el caso de plantas ya existentes Muther propone una metodología de análisis de los factores de disposición de planta, para detectar síntomas del problema (véase anexo 2).
- Fase dos: Distribución general
  Solución inicial: Disposición de áreas funcionales, métodos generales de manejo y comunicación, servicios primarios y planos preliminares de los edificios.
- Fase tres: Distribución al detalle
  Solución detallada: Disposiciones detalladas para maquinaria y equipos, manejo de un lugar de trabajo a otro, información específica sobre la maquinaria y procedimientos, disposición de red de agua y desagüe, así como dibujos detallados de la construcción.
- Fase cuatro: Plan de implementación
  Planeación de los pasos específicos para construir, modificar, instalar y poner en marcha la planta.

Fase uno

La determinación de los elementos P, Q, R, S, T es necesaria para la mayor parte de los cálculos de la preparación del planeamiento.

Análisis	**Elementos**	**Consideraciones**
P – Q	P – Q	Volumen de producción
Recorridos	P, Q	Se combinan para establecer el recorrido de los productos
Relaciones	P, Q, S y R	Se combinan para establecer las relaciones entre actividades
Recursos	Q, R y T	Determinan esencialmente las máquinas y los equipos que son necesarios para poder realizar las fabricaciones previstas

Fase dos : Distribución general

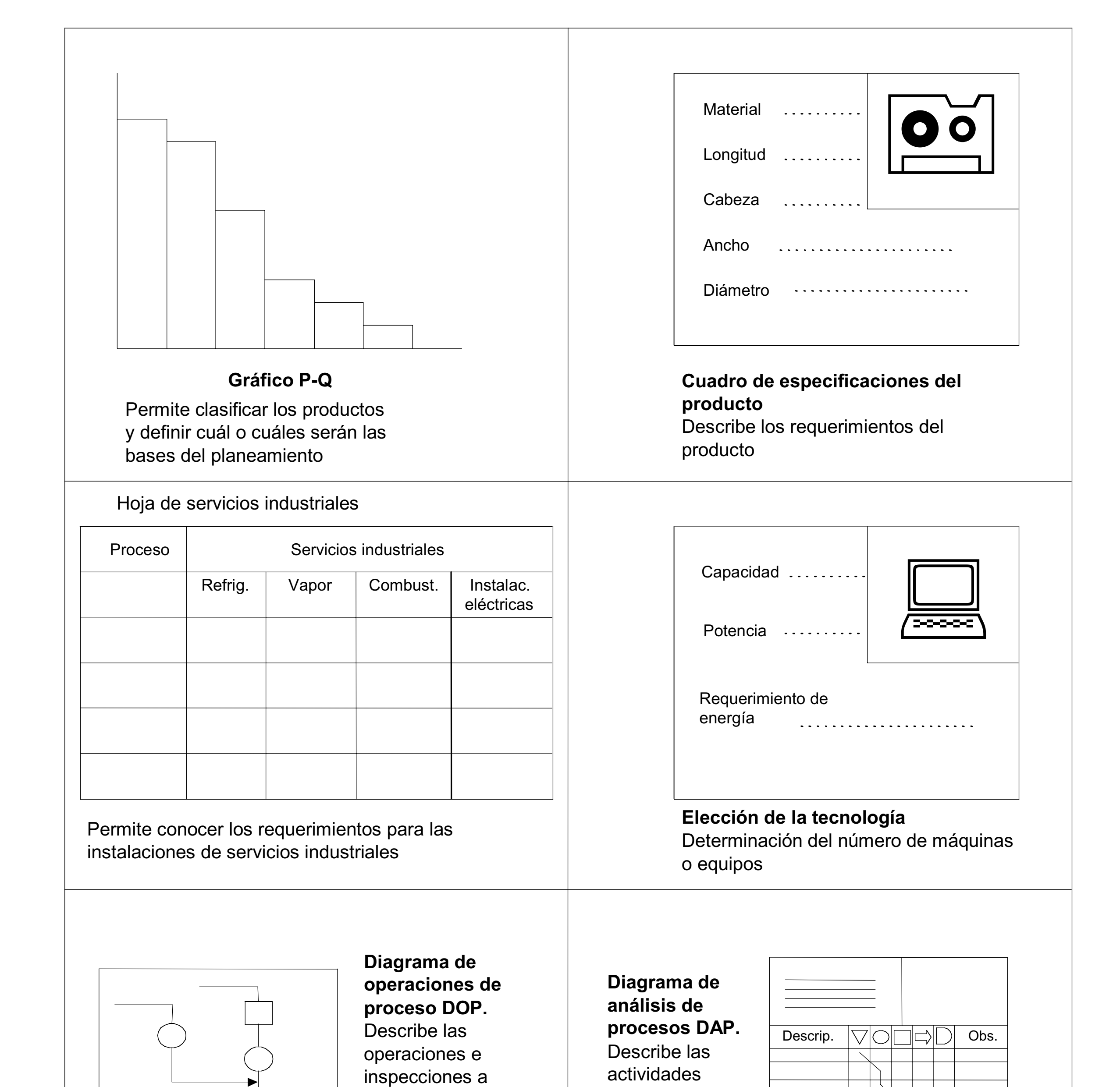


Las limitaciones prácticas se presentarán principalmente en los casos de redistribuciones de planta y traslado a una planta ya existente. Para el caso de un proyecto nuevo, las limitaciones prácticas estarán determinadas por los factores de la localización, que afectan el edificio y la flexibilidad para cambios futuros del proyecto de disposición de planta.

Fase tres: Distribución al detalle. Seguir el mismo procedimiento de la fase II para cada departamento o área de trabajo.

6.4 Herramientas para el planeamiento sistemático de disposición

El planeamiento sistemático de disposición (SLP) requiere del uso de algunas herramientas para un estudio objetivo del problema, considerando la descripción de los productos, los procesos y las actividades complementarias de las operaciones propuestas de distribución, para finalmente elegir la mejor alternativa. A continuación se presentan esquemáticamente las herramientas más utilizadas:


Gráfico P-Q
Permite clasificar los productos y definir cuál o cuáles serán las bases del planeamiento
Material
Longitud
Cabeza
Ancho
Diámetro
Cuadro de especificaciones del producto
Describe los requerimientos del producto
Hoja de servicios industriales
Proceso
Servicios industriales
Refrig.
Vapor
Combust.
Instalac. eléctricas
Permite conocer los requerimientos para las instalaciones de servicios industriales
Capacidad
Potencia
Requerimiento de energía
Elección de la tecnología
Determinación del número de máquinas o equipos
Diagrama de operaciones de proceso DOP.
Describe las operaciones e inspecciones a realizarse para la elaboración del producto y la secuencia en la que se desarrollará
Diagrama de análisis de procesos DAP.
Describe las actividades del proceso e indica los tiempos de cada actividad
Descrip.
Obs.

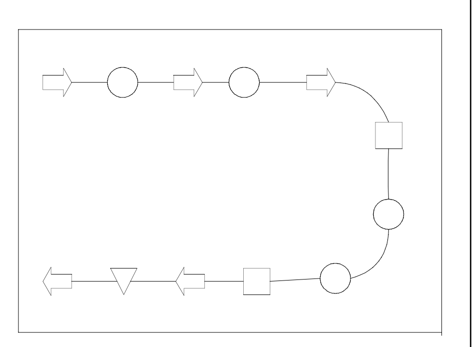


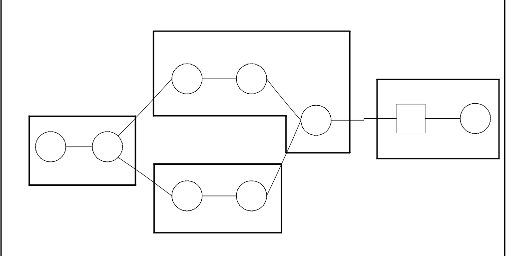
Diagrama de recorrido

Permite visualizar el recorrido del material

Actividad	Producto A	Producto B	Producto C
Proceso X			
Proceso Y			
Proceso Z			
Proceso N			
Proceso T			

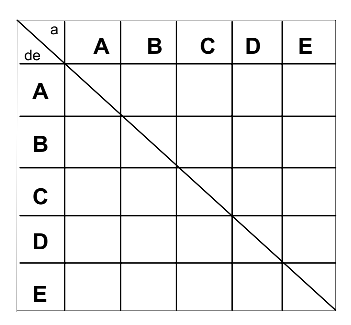
Diagrama multiproducto

Presenta en forma paralela la secuencia de actividades, permite visualizar retrocesos y recorridos innecesarios



Balance de línea

Permite mejorar la eficiencia de la línea, a través del análisis del cuello de botella



Matriz de trayectoria

Permite determinar el esfuerzo desarrollado en los transportes dada una disposición de planta

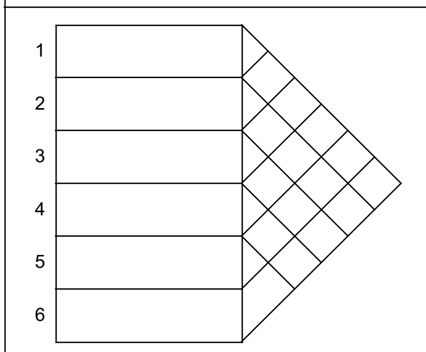


Tabla relacional de actividades

Presenta las relaciones entre las diferentes actividades y su nivel de importancia

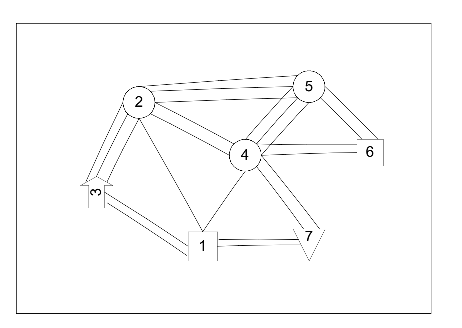


Diagrama relacional de espacios

Registra los niveles de importancia o de proximidad de las actividades en un bosquejo de la distribución

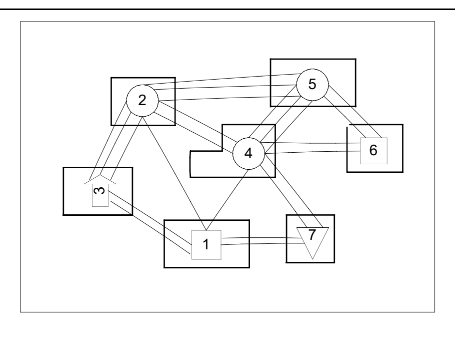
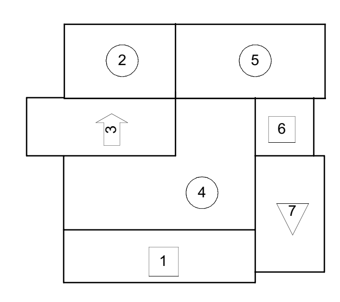


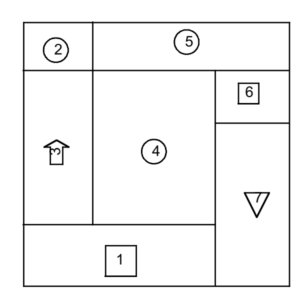
Diagrama relacional de espacios

Presenta las cifras requeridas por cada actividad en el bosquejo de distribución



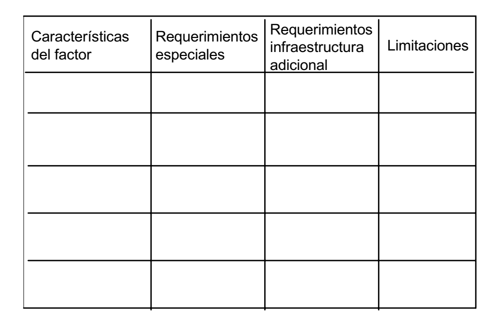
Disposición ideal

Propone una distribución de las áreas, respetando los niveles de proximidad y las áreas requeridas



Primera disposición práctica

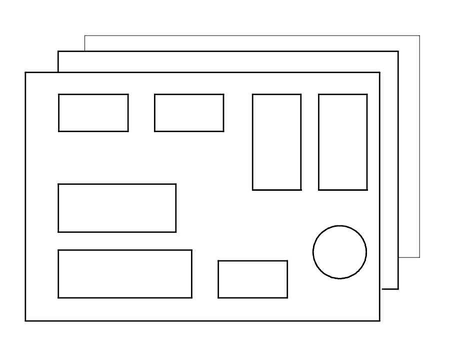
Confronta la disposición ideal con las disposiciones de área



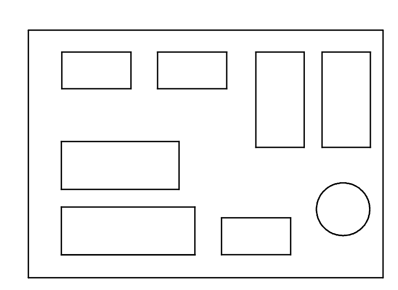
Características del factor	Requerimientos especiales	Requerimientos infraestructura adicional	Limitaciones

Hoja de verificación de factores

Verifica el cumplimiento de los requerimientos de cada factor



Alternativas de distribución



Distribución elegida

6.5 Factores de disposición de planta

Tomando como base los principios de la disposición de planta, se requerirán estudiar algunos factores que por su naturaleza influyen directamente en las decisiones de la disposición de planta.

Cuando se inicia un estudio de disposición de planta, ya sea para un proyecto o una ampliación o ajuste a una planta ya existente, se debe comenzar estudiando el producto, tomando en consideración los materiales involucrados, pues estos requerirán un espacio y condiciones adecuadas para su procesamiento y manejo. Esto nos lleva a considerar el material como un factor importante para la disposición de planta.

Una vez que se tiene el diseño del producto, deben tomarse decisiones sobre el proceso, revisando la tecnología más apropiada y evaluando la maquinaria que se utilizará. Para su funcionamiento esta maquinaria requerirá algunos dispositivos especiales, herramientas que apoyan el proceso y otros elementos que deberán ubicarse en las instalaciones, facilitándose su uso y ubicación. El estudio del factor maquinaria será vital para la disposición de planta, sobre todo tomando en cuenta el número de cada tipo de máquinas.

Para poner en funcionamiento una planta, se requiere de la conjunción de diversas personas con habilidades y capacidades específicas, que tendrán que desarrollar en las áreas operativas y administrativas de la empresa. Por lo tanto, el diseño y la disposición de los ambientes de trabajo influirán sobre el desempeño de estas personas, lo que hará necesario un diseño adecuado a las características ergonómicas.

El estudio de los factores de disposición de planta no debe orientarse solamente al logro de una alta productividad. En la actualidad, las empresas deben enfocar sus esfuerzos a lograr un alto desempeño de sus procesos basados en sistemas de gestión de calidad, medio ambiente, seguridad y salud ocupacional.

En la etapa de funcionamiento de la planta, el material recorre a través de ella, generando un movimiento que en algunas etapas incluye también el de las personas.

Los puntos de depósito de materiales, llamados puntos de espera, serán requeridos en algunas etapas del proceso productivo; entonces, las instalaciones deberán contemplar dicho aspecto.

El funcionamiento de una planta industrial requiere de servicios anexos, cuya ubicación debe ser estudiada para facilitar las operaciones, minimizar los costos y humanizar el trabajo.

La estructura dentro de la que se ubican todos los elementos mencionados conforman el edificio de la planta, que deberá ser diseñado para permitir un flujo continuo de las operaciones, brindando seguridad a todo el personal.

Los fundamentos de la industria están cambiando a un ritmo acelerado, brindando nuevas oportunidades a las empresas industriales. Se va creando un mercado competitivo, donde producir artículos de mayor calidad es una necesidad para satisfacer el mercado. La alta competitividad impulsa a las empresas a convertir sus instalaciones en cadenas más eficientes y avanzadas; estas expectativas deberán ser soportadas por una disposición ágil y flexible.

Factores	
Material	**Movimiento**
Materias primas	Movimiento de material
Material auxiliar	Movimiento de hombre
Material en proceso	Movimiento de maquinaria
Productos acabados	Movimiento de material y hombres
Productos defectuosos	Movimiento de hombres y maquinarias
Piezas y partes	
Material de recuperación	
Chatarra	
Virutas	
Mermas	
Material de embalaje	
Envases, empaques	
Material de mantenimiento	
Hombre	**Edificio**
Personal directo:	
Mano de obra directa	Estudio de suelos
Jefes de equipo y capataces	Número de pisos en la edificación
Jefes de sección	Vías de circulación
Jefes de servicio	Pasillos y corredores para personas
	Rampas
Personal indirecto:	
Preparadores de máquinas	Escaleras de mano
Manipulador de materiales	Salidas y puertas de acceso
Almaceneros	Techos
Planificadores	Ventanas
Controladores	Ascensores
Jefes de planta	
Recepción de material	
Personal de producción	
Personal de servicio	
Personal administrativo	
Maquinaria	**Servicio**
Máquinas de producción	Servicios para el personal
Equipos de procesos	• Cafetería
Dispositivos especiales	• Equipos de protección
Herramientas, moldes, patrones	• Iluminación
Montajes	• Servicios médicos
Aparatos	• Vías de accesos
Elementos de medición y comprobación	• Instalaciones sanitarias
Herramientas manuales y eléctricas	• Ventilación
Paneles de control	Servicios para el material
Maquinaria de repuesto o inactiva	• Control de calidad
Maquinaria para mantenimiento	• Control de producción
	• Laboratorios para la planta
	• Manejo del impacto ambiental
	Servicios para la maquinaria
	• Instalación eléctrica
	• Sala de calderas
	• Área de mantenimiento
	• Depósitos de herramientas
	• Protección contra incendios
	Servicios para el edificio
	• Señalización de seguridad
	• Importancia de un ambiente de calidad en el trabajo
Espera	**Cambio**
Área de recepción del material entrante	Adquisición de la tecnología
Almacén de materia prima	Comportamiento o segmentación del mercado
Almacenajes dentro del proceso	Servicios
Demoras entre dos operaciones	Infraestructura vial y aspectos demográficos
Áreas de almacenaje de productos acabados	Requerimientos de seguridad
Áreas de almacenaje de suministro	Crecimiento escalonado
Áreas de almacenamiento de herramientas	Nuevas estrategias de competencia
Recipientes vacíos, equipos de manejo usado	Acreditaciones y certificaciones

Cuadro 3. Factores de la disposición

PROBLEMAS PROPUESTOS

1. En una empresa metalmecánica se ha decidido montar una línea de producción para la elaboración de triciclos para niños. Actualmente la empresa produce carretillas de construcción, carritos de supermercado y carritos para acarreo de materiales con diversos diseños, de acuerdo con el pedido de los clientes.

La empresa ha considerado las siguientes áreas:

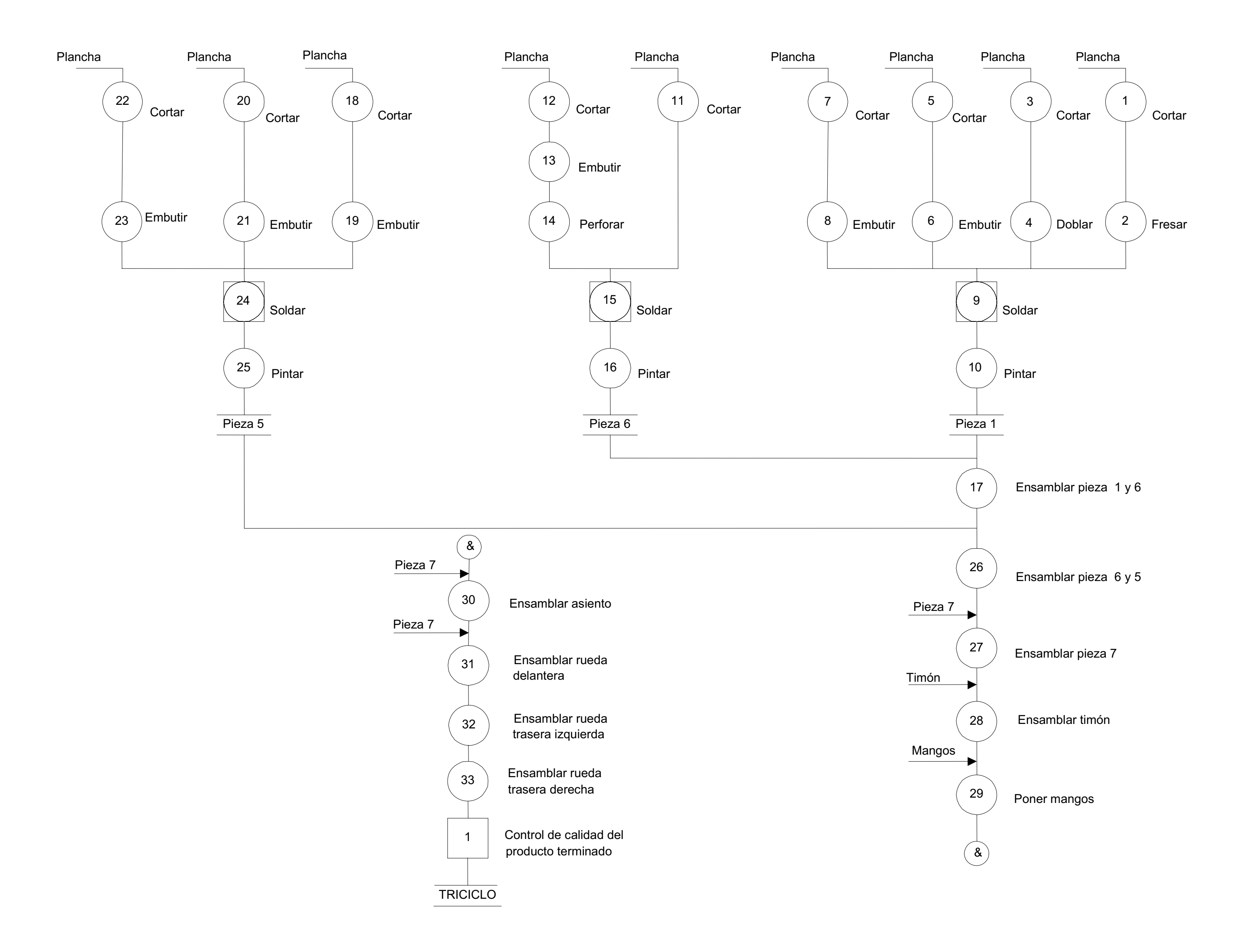
- *Área de almacenaje de material metalmecánico*.- Lugar donde se almacenan los recursos para el área metalmecánica.
- *Área de almacenaje de partes y piezas*.- Tiene la finalidad de almacenar aquellos elementos que ingresan a la línea de producción sin necesidad de un proceso previo.
- *Área de metalmecánica.*- En esta área tienen lugar las operaciones de cortado, embutido, doblado y perforado de piezas.
- *Área de soldado.*- Aquí se lleva a cabo la unión de las piezas principales que deben ser adheridas por medio de soldadura.
- *Área de pintado.*- Las piezas son pintadas previamente a su ensamblaje.
- *Área de ensamblado*.- Las piezas, tanto las fabricadas en la empresa como las compradas, fueron adheridas entre sí, principalmente mediante tuercas. Se realiza un control de la calidad antes de contar con productos terminados.
- *Área de almacén de productos terminados*.- Aquí son llevados los triciclos ya listos para la venta.

Además, para realizar la gestión administrativa de manejo de la empresa y de trato al cliente se cuenta con las siguientes oficinas:

- Oficina del jefe de planta, encargado de la producción
- Oficina del asistente de planta, apoya al jefe de planta
- Oficina de venta y mercadotecnia
- Oficina de contabilidad
- Oficina de logística
- Oficina de recursos humanos
- Oficina del gerente general
- Oficina para la secretaria del gerente general
- Recepción

Se ha diseñado el proceso, presentándose el diagrama de operaciones de proceso DOP siguiente:

Diagrama de operaciones de proceso para la obtención de un triciclo



Preguntas

1. ¿Considera usted que la propuesta de establecer la línea de producción requiere de un estudio más detallado? Indique los factores y variables que se deben considerar antes de tomar una decisión.
2. ¿Qué tipo de distribución de planta recomendaría usted?
3. Tomando en consideración los principios de disposición de planta, plantee recomendaciones para la posible propuesta de distribución.

2. La empresa "Autoespar" es concesionaria de Toyota, para lo cual tiene un taller automotriz en la zona norte. Dispone de un área de 100 m de largo y 28 m de ancho. El área tiene un pasadizo central de 92 x 12 m.

A los costados y al fondo se distribuyen las distintas áreas del taller entre las cuales tenemos (véase tabla de la derecha):

Número	Área	Dimensión (m)
1	Exhibición	8 x 20
1	Administración	8 x 20
1	Almacén repuestos	8 x 22
1	Entrega unidades	8 x 18
3	Elevador de autos	8 x 18
1	Recepción	8 x 20
1	Lavado	8 x 8
1	Sala de máquinas	8 x 4
1	Secado y limpieza	8 x 8
1	Sala de motores	8 x 15
1	Planchado y masillado	8 x 4
1	Pintado	8 x 4
1	Horno pintura	8 x 15
1	Pulido	8 x 8
1	Acabado de pintura	8 x 8
3	Balance de llantas	8 x 8

En función de la información anterior:

a) Grafique el plano de disposición.

b) Indique el tipo de distribución que utilizó. Mencione las ventajas y desventajas de su propuesta.

c) En orden descendente de importancia, clasifique los principios de disposición para el taller automotriz. Justifique.

3. Sociedad Comercial Industrial está dedicada en los últimos años a la elaboración de todo tipo de impresión offset sobre papel y cartón.

La empresa atiende diferentes tamaños de pedidos de acuerdo con los gustos o requerimientos de sus clientes, entre los productos que se preparan están: las cajas de cartón, las etiquetas para frascos o botellas, los *stickers*, las bandas de papel, entre otros.

La empresa tiene una extensión de 1.250 m^2, y actualmente cuenta en planta con 3 impresoras offset, una troqueladora y 2 guillotinas.

Los procesos principales siguen la siguiente ruta:

Cajas: Impresión-troquelado-desglosado-pegado-embalaje.
Etiquetas: Guillotinado-impresión-troquelado-desglosado-embalaje.
Stickers: Guillotinado-impresión-troquelado.
Bandas: Guillotinado-pegado-embalaje.

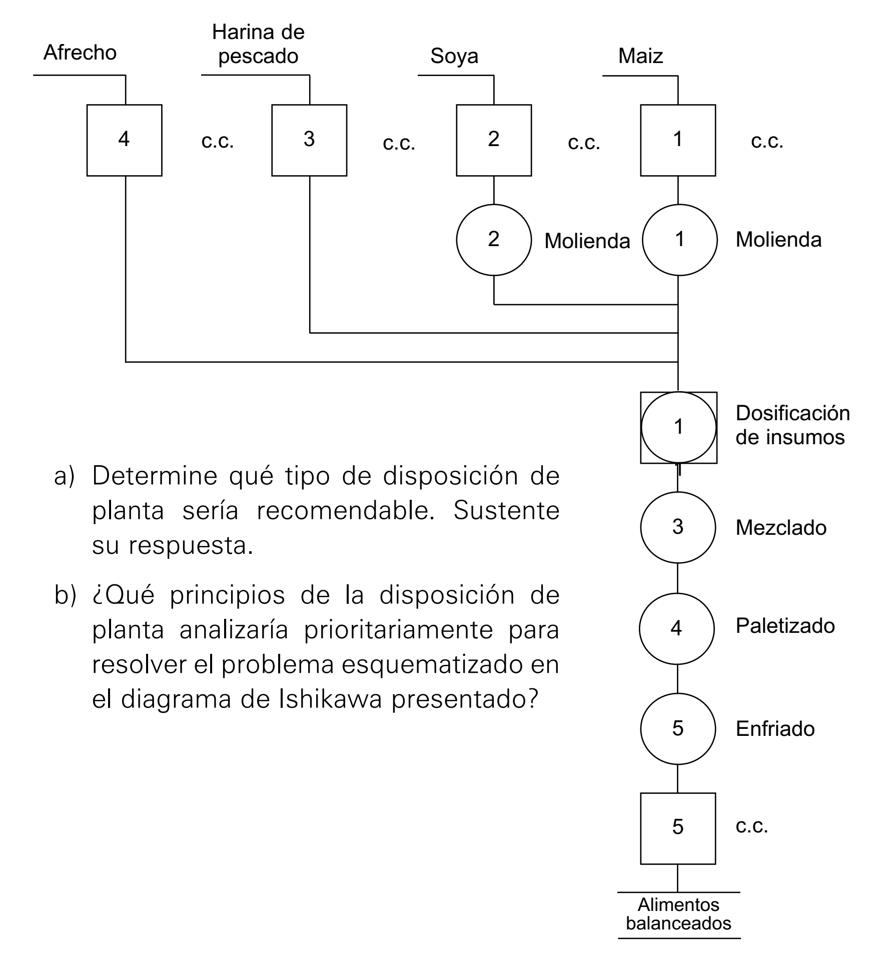
Considerando como base esta información:

a) Determine el sistema de producción.

b) Presente un croquis de la disposición con otros detalles que usted considere conveniente y señale qué tipo es.

c) Detalle qué principios de la disposición se deben tener presentes para brindar un buen servicio.

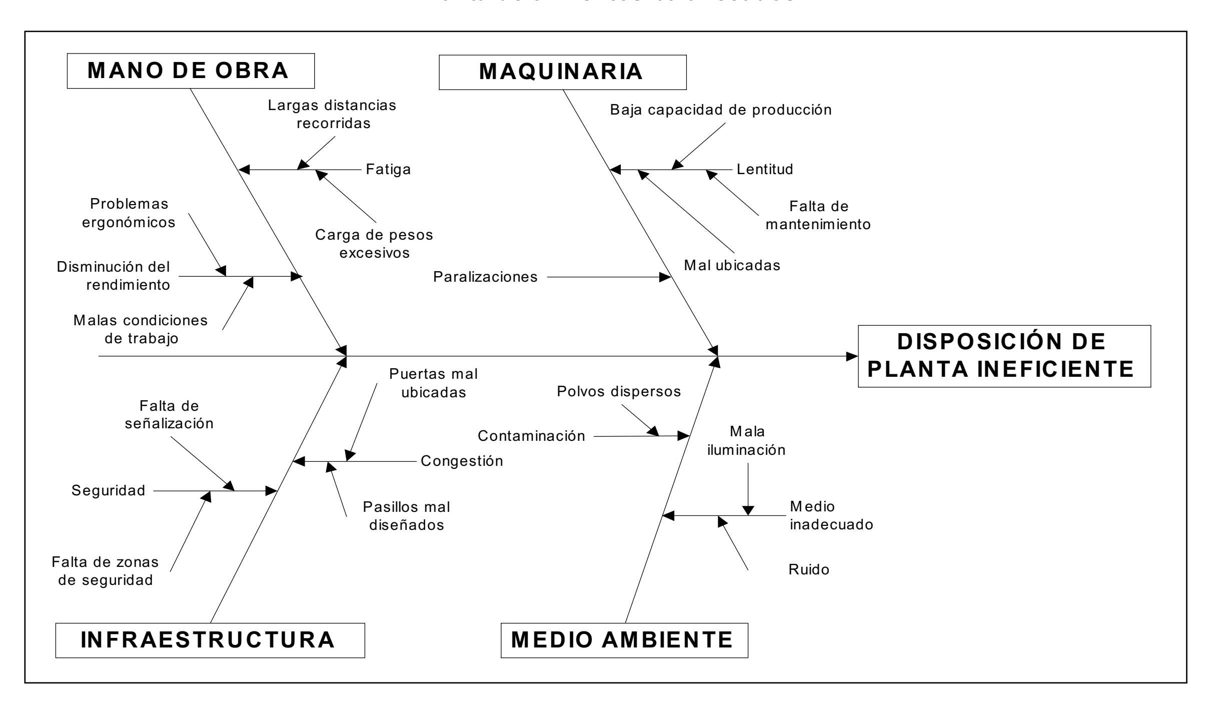
4. Para el siguiente proceso de obtención de alimento balanceado:



a) Determine qué tipo de disposición de planta sería recomendable. Sustente su respuesta.

b) ¿Qué principios de la disposición de planta analizaría prioritariamente para resolver el problema esquematizado en el diagrama de Ishikawa presentado?

Planta de alimentos balanceados



Capítulo

5 *Factor material*

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- *Elementos del factor material*
- *Consideraciones sobre el factor material*
- *Análisis P-Q*
- *Curva ABC*

Uno de los factores importantes para el estudio de la disposición de planta es el factor material, pues de su tipo, variedad y cantidad dependen por lo general el tipo de sistema de producción, el cual nos llevará a un determinado tipo de disposición de planta. Por otro lado, las características físicas y químicas del material determinan los sistemas de acarreo y almacenamiento que se deberán aplicar en la planta.

Con la finalidad de centrar el estudio de disposición de planta en los productos más importantes en cuanto a cantidad y costos o beneficios, se presentan dos metodologías de análisis de los materiales: producto-cantidad y Pareto.

Para que las empresas puedan mantener su nivel competitivo deben optimizar el uso de sus recursos; esto implica establecer un manejo apropiado de los materiales.

Tener la información de la ubicación específica de cada uno de los materiales que se utilizan en el proceso de producción le permitirá a la empresa dar una respuesta rápida a los requerimientos de producción y, por lo tanto, mejorar su competitividad. Por ello, las instalaciones deben estar planificadas considerando el factor material como el elemento más importante.

El objetivo de la producción es transformar, tratar o montar materiales para lograr un producto terminado. Por ello, la distribución de nuestros elementos de producción dependerá necesariamente del producto que deseamos y del material sobre el cual trabajamos.

Cuando la empresa se propone diversificar su producción se generan una serie de ideas que deben seleccionarse; entonces, se somete a cada candidato a varias pruebas, con el fin de determinar qué productos tienen más probabilidades de *lograr éxito*.

La prueba se basa en la *adaptación* del producto a la organización y su propósito.

La empresa debe analizar sus áreas generales de fortaleza (o debilidad), por ejemplo:

- Experiencia con ese producto en particular.
- Experiencia con los procesos de producción requeridos por el producto.
- Experiencia en cuanto a proporcionar un producto a los mismos receptores.
- Experiencia con el sistema de distribución del producto.

La organización debe considerar la capacidad que posee en relación con la que poseen otras organizaciones del mismo sector productivo, y determinar en qué mercados podría tener una ventaja competitiva con referencia al personal hábil, al conjunto flexible de instalaciones y al equipo costoso y escaso.

Cuando la empresa requiere adaptarse a las necesidades del mercado encuentra como limitante la tecnología con que cuenta la planta, y entre los posibles productos por fabricar debe analizar cuáles son los que le permitirán obtener mayores beneficios. A continuación se presenta un modelo de las innovaciones del producto y del proceso.

Innovaciones del producto
Innovaciones del proceso
Estimulado por las necesidades
Estimulado por la tasa de producción
Estimulado por la tecnología
Estimulado por los costos
Etapa de desarrollo
Procesos descoordinados → Procesos integrados
Maximización del funcionamiento → Minimización de costos

Modelo dinámico de las innovaciones del producto y del proceso

Fuente: Schoeder, p. 71.

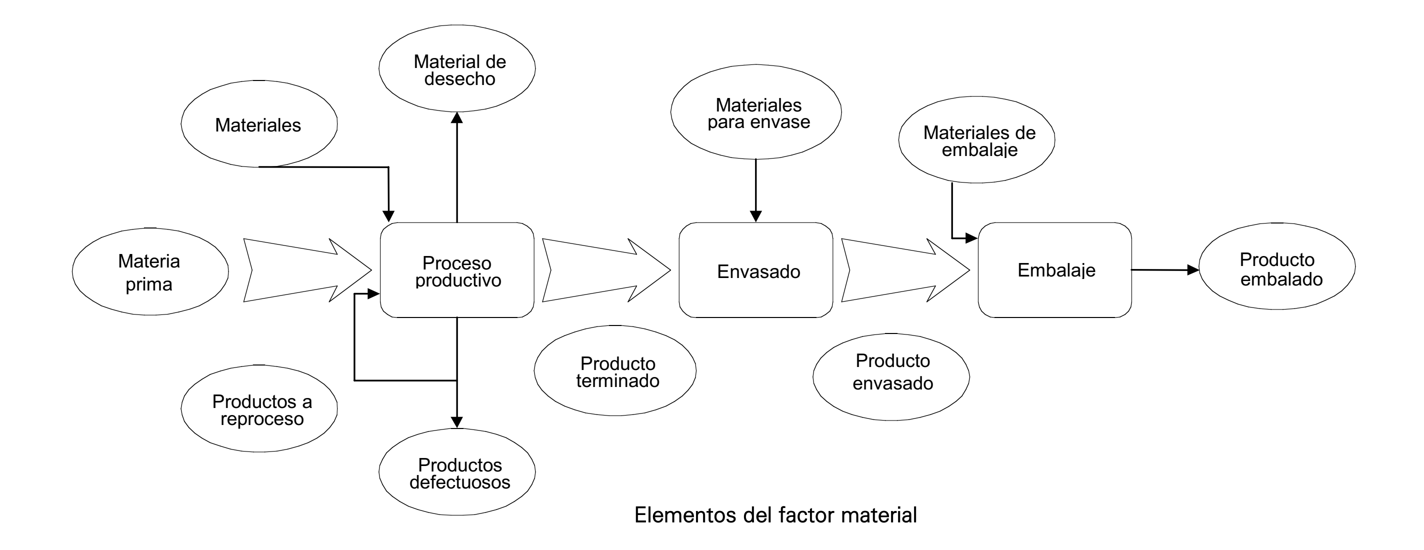
La empresa debe analizar la compatibilidad del desarrollo con las áreas foco de las operaciones:

- Producción
- Logística
- Calidad
- Mantenimiento
- Compras y otros

La identificación y el análisis detallado del material utilizado en el proceso productivo no son solo importantes para un adecuado manejo de este dentro de la planta, sino que también lo son porque facilitan el control de inventarios y generan información para los estudios de mermas requeridos para la contabilidad de la empresa.

1. Elementos del factor material

En el factor material se incluyen los siguientes elementos o particularidades: materias primas, material en proceso, material embalado, insumos, piezas rechazadas; recuperar o repetir chatarras, viruta, desperdicios, desechos, materiales de embalaje, materiales para mantenimiento, etc. En la siguiente figura se pueden observar diferentes elementos en varias etapas del proceso.



Elementos del factor material

2. Consideraciones sobre el factor material

Se deberán tener en cuenta el diseño, las especificaciones del producto, la cantidad, la variedad y las formas de combinación.

2.1 El diseño

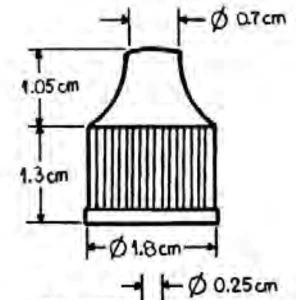
Un producto debe estar diseñado de tal modo que sea fácil de fabricar. Los elementos que se deben considerar como características del diseño son:

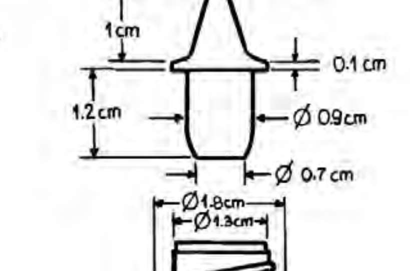
- *Función*.- El nuevo diseño debe desempeñar adecuadamente la función requerida.
- *Costo*.- El costo total (materiales, mano de obra, procesamiento, etc.) no puede ser excesivo para el mercado que se considera.
- *Tamaño y forma*.- Deben ser compatibles con la función y aceptables para el mercado.
- *Apariencia*.- Aunque no siempre importante, puede ser equivalente a función.
- *Calidad*.- La calidad debe ser compatible con la finalidad.
- *Confiabilidad*.- El producto debe funcionar normalmente y durar el tiempo previsto.
- *Efecto en el medio ambiente*.- El producto no debe deteriorar el medio ambiente ni significar un peligro para el usuario.
- *Productividad*.- El producto debe producirse con facilidad y rapidez.
- *Oportunidad*.- El producto debe estar disponible cuando se le necesite.
- *Accesibilidad*.- El receptor debe poder obtener el producto sin dificultad.
- *Insumos*.- Se deben indicar cuáles serán en cantidad y tipo.

También se deben considerar el diseño de las instalaciones, la determinación de los equipos principales y el diseño de las estaciones de trabajo.

Las empresas han experimentado una evolución en el desarrollo de productos, enfocándose cada vez más en las necesidades del cliente, siendo esta la principal referencia para el diseño del producto. El QFD (Quality Function Development) es una metodología utilizada para el análisis de las necesidades, identificando las relaciones con las características técnicas, la selección de la tecnología y los requerimientos del proceso productivo.

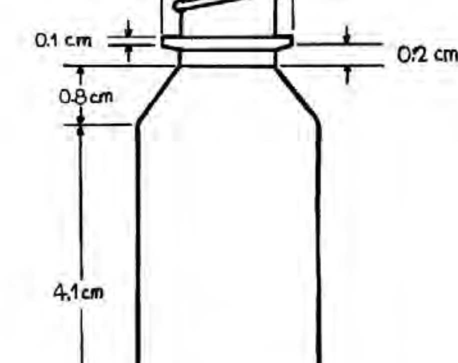
2.2 Las características físicas o químicas del producto





Un producto grande puede afectar el método de producción, mientras que las piezas muy pequeñas resultan difíciles de ver y se pueden perder si no se toman precauciones. Los materiales alargados presentan problemas de almacenamiento completamente diferentes de los que presentan las cajas y granos, entre otros. Los que presentan formas extrañas e irregulares pueden crear dificultades al manipularlas, tanto como las que tienen un peso excesivo. Otros factores que han de considerarse son los cuidados especiales requeridos por el tipo de producto. Será entonces conveniente definir las especificaciones del producto, incluyendo el empaque, envase y embalaje (véase figura Elementos del factor material).

El volumen de un producto tendrá un efecto de mayor importancia sobre el manejo y almacenamiento al planear una distribución. Los artículos sólidos o aquellos que pueden encajarse o colocarse unos en otros, siempre necesitan menos espacio. Es importante revisar, a modo de ejemplo, los casos de una curtiembre y de una fábrica de electrodomésticos que se presentan más adelante.



Diseño del producto

2.3 Las materias o piezas componentes y la forma de combinarse unas con otras

El orden en que se efectúan las operaciones es la base de toda distribución; un cambio en la secuencia hará variar la distribución.

El DOP es una ayuda para visualizar la secuencia de las operaciones, plantear mejoras y realizar la distribución apropiada.

La normalización de las piezas y materiales pueden proporcionar grandes economías de producción. Cuando es posible intercambiar piezas similares, los costos de montaje decrecen. Además, existe una infinidad de maneras de combinar piezas o materiales normalizados.

2.4 La cantidad y variedad de productos o materiales

Una distribución para un solo producto (pero en grandes cantidades) debe aproximarse a la producción en cadena. Una gran variedad de productos (cantidades pequeñas) requerirá departamentos por proceso. Un producto único y de gran tamaño requerirá una distribución por posición fija.

Cuando se tiene gran variedad de productos es conveniente realizar un primer análisis tomando como base la cantidad de productos por fabricar por cada tipo o familia, para poder enfocar el estudio de disposición de planta siguiendo los grupos de productos más importantes en cuanto a cantidad de producción. A este análisis se le conoce como el análisis producto-cantidad (P-Q).

La distribución debe estar preparada para la demanda temporal y para variaciones del volumen de producción.

Tipo de material	Condición	Estado del material	Propiedades físicas	Propiedades químicas	Forma	Dimensiones	Requerimiento de acarreo	Requerimiento almacenamiento	Requerimiento de seguridad
Sal industrial	Molida	Sólido	Color: blanco Olor: inodoro Sabor: salado característico Malla Nº 4: % de retención: 16,77% acumulado: 42,32	Pureza: 98,73% de Nacl Humedad: 2,71% Insolubles: 0,093% Calcio: 0,091% Magnesio: 0,110% Sulfato: 0,507% Cloruro: 59,98% Fierro: 2,00 (ppmfe)	Granular	Sal gruesa que pase por una saranda de malla Nº 4 estándar americano (16 mall/pul2)	Patos	Sacos de polipropileno de 50 kg	Sacos perfectamente sellados asegurando la limpieza y calidad. La sal debe ser de primer uso, no usar sal sucia

Tipo de material	Condición	Estado del material	Propiedades físicas	Propiedades químicas	Forma	Dimensiones	Requerimiento de acarreo	Requerimiento almacenamiento	Requerimiento de seguridad
Piel de ganado vacuno	Fresca	Sólido, con pedazos de carne, parásitos (garrapatas) Ensangrentado	De tamaño regular, con cortes bien definidos y rectos sin provocar puntas o prolongaciones sueltas	Agua: 62.60% Cenizas: 0,74% Sustancia piel: 32,20% Grasa: 4,46%	Corte especial de bordes continuados y sin entradas	Manta irregular de aprox.16 pies^2	Montacargas	Uno encima del otro en un lugar fresco y libre de polvo, a la sombra; se sabe que este almacenamiento es momentáneo	Las pieles una vez recibidas deben salarse inmediatamente para evitar su descomposición por la proliferación de microorganismos

Ejemplo de una curtiembre

Tipo de material	Estado del material	Propiedades				Forma	Dimensiones	Requerimientos de acarreo		
		Físicas	Mecánicas	Químicas	Eléctricas					
Polipropileno	Sólido (pellets)	1 bolsa=50kg V=0,029m3	Blando	No reacción espontánea, pero sí en mezcla (con pintura)	No conductor	Esférico	3 mm	Bandejas metálicas	En sacos de poliuretano	Ninguna
Masilla	Sólida	D = 3,1kg/m3	Resistente a la compresión	No reactivo, no tóxico	No conductora	Irregular	–	Carro manual	A humedad ambiente	Ninguna
Refrigerante 134A	Gas	Compresible	–	No reactivo, no tóxico	No conductor	–	–	Carretillas	Balones de gas	Mantener a P = 45 psi, T=25°C
Chicotería	Sólida	–	T=2,56×103Kpa	–	Conductora	Cilíndrica	d = 1/16"	Montacarga	En bobinas, no a nivel de piso	Ninguna
Teknoport	Sólido	f = 0,4	Fragilidad	–	Conductor	Planchas	Variable de acuerdo a embalaje	Carro manual	Apilado	No exponerlo a altas temperaturas
Pintura	Sólida líquida (polvo)	f = 1,8 kg/m3	–	Inflamable	Conductora	–	–	Carro manual	Sacos (polvo), galoneras (líquido)	No exponerla a altas temperaturas
Bisagra	Sólido	–	Tenaz	–	Conductora	Rectangular	6 × 8cm	Cajones	En cajones, ambientes secos	No exponerla a la humedad
Desecho de burlete y tacho	Sólido	–	Dúctil	No reactivo, no tóxico	No conductor	Irregular	Variable	Carretillas	Cajas de desecho reciclable	No exponerlo al fuego
Acero	Sólido	–	Hierro dulce dúctil	–	Muy conductor	Laminar	Bobinas 1×60mt	Montacarga	Lugar seco, horizontalmente, forrado el lote en cartón	No manipular manualmente

Ejemplo de una fábrica de electrodomésticos

3. ANÁLISIS P-Q

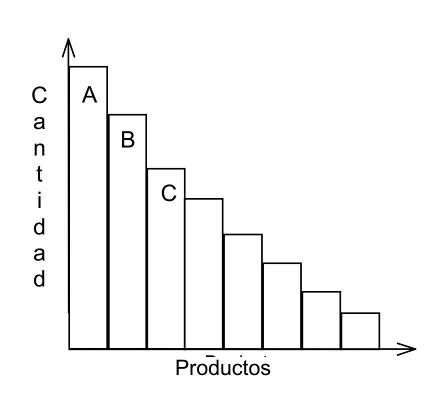
Al hacer el análisis producto-cantidad, será conveniente realizar una proyección de las cantidades de producción, estimadas para el horizonte de vida del proyecto de disposición de planta. Esto nos dará mayor aproximación al seleccionar los productos más importantes, pues la demanda futura podría variar, haciendo que el producto más importante hoy no lo sea en el futuro.

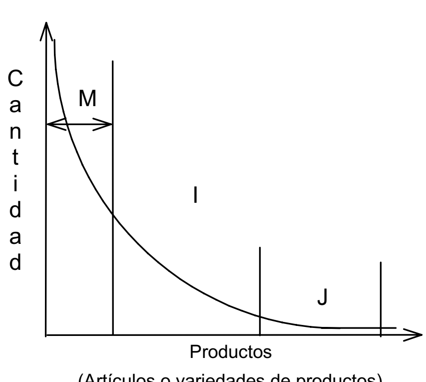
3.1 Análisis producto-cantidad

El análisis producto-cantidad sirve de base para tomar decisiones referentes a la elección del tipo de producción y a la disposición de planta. Para ello, se toman en cuenta los diferentes productos que se elaboran (P) y se les relaciona con la cantidad de producción (Q), en un periodo determinado de tiempo.

El análisis de los distintos productos (o materiales o piezas) por comparación, con sus cantidades, constituye una parte muy importante del planteamiento de la disposición para la producción, el almacenamiento y el transporte.

3.2 Gráfico P-Q





El gráfico P-Q detecta las variedades de productos "de desplazamientos rápidos" y de "desplazamientos lentos". Según la gráfica, los productos de la zona "M" se prestan a menudo a una producción en cadena, en tanto que los de la zona "J", requieren de trabajo manual. Los artículos situados entre ambas zonas (zona "I") se fabrican combinando tipos o técnicas de producción.

Es decir, algunos productos se prestan a instalaciones mecanizadas y a un tipo de proceso automatizado, mientras otros exigen métodos de transporte flexibles, maquinaria y equipo estandarizado dispuesto para poder efectuar operaciones universales.

En el caso de encontrarnos con un gráfico P-Q, prácticamente rectilíneo, son aceptables un sistema único de transporte y un plan único de distribución para todos los productos. Como la mayor parte de la producción se halla concentrada en la parte central de la curva, se tiende a una eficacia global aunque los productos que se hallan en los dos extremos no sean fabricados con un buen rendimiento.

En cambio, ante una curvatura muy pronunciada hay que prever, para los productos y las zonas de producción, dos planteamientos distintos y dos sistemas de transporte diferentes.

A menudo se hace una distinción de la distribución de los procesos productivos:

- Cadena de producción.
- Montaje en equipos.
- Puestos de trabajo individuales.

Se generan dos sectores lógicos:

- Gran volumen, poca variedad, *desplazamiento rápido.*
- Poco volumen, gran variedad, *desplazamiento lento.*

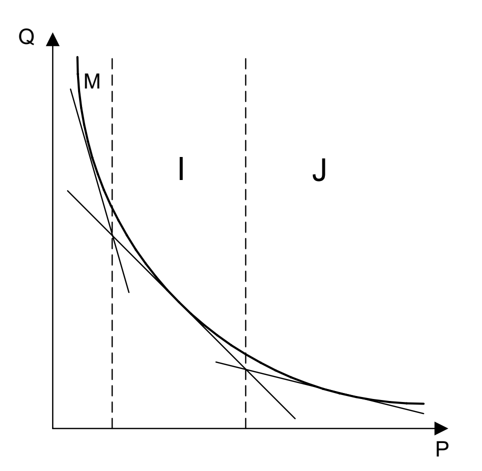
En el primer caso existe, por lo general, un alto grado de automatización de máquinas especiales e inversiones importantes para los medios de acarreo. En el otro caso, para los *desplazamientos lentos*, los cambios

son frecuentes y la reducción del tiempo por pieza no puede ir demasiado lejos. Hay, por lo tanto, mucho trabajo manual, maquinaria de tipo universal y escasas inversiones en equipos de transporte.

3.3 Procedimiento que se debe seguir para el análisis P-Q

P	Q	%	
P1	80	34,04	
P2	65	27,66	**M**
P3	40	17,02	
P4	20	8,51	
P5	15	6,38	**I**
P6	8	3,40	
P7	3	1,28	
P8	2	0,85	**J**
P9	2	0,85	
	235		

- Clasificar todos los productos (piezas, materiales u otros, según los casos) en grupos de características semejantes.
- Hallar las tendencias de las principales características de los grupos de productos y proyectarlos para el futuro. Volverlas a clasificar si es necesario.
- Definir una cantidad anual (o mensual) prevista para la producción de cada artículo o variedad prevista dentro de cada grupo de productos. Ordenar dentro de cada grupo u ordenar los grupos en forma de cantidades decrecientes.
- Trazar el gráfico P-Q en un eje de coordenadas, estando en el eje de la "x" la variedad de artículos y en el eje de la "y" la cantidad de cada producto.
- Unir los puntos.
- Estudiar el comportamiento de la curva y efectuar un análisis para las divisiones lógicas o combinaciones de actividades, zonas o funciones.

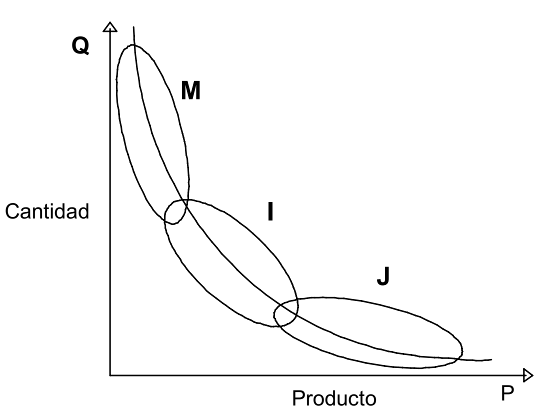


El gráfico P-Q sirve también de guía para decidir el tipo de análisis del recorrido por utilizar.

M = Sólo uno o algunos productos o artículos estandarizados en gran cantidad

I = Variedad de productos en gran cantidad

J = Muchos artículos de poca cantidad



El análisis del recorrido de los productos implica la determinación de la secuencia de los movimientos de los materiales a lo largo de diversas etapas del proceso, a la par que la intensidad o la amplitud de estos desplazamientos.

Se considera logrado un recorrido de los productos cuando los desplazamientos tienen lugar de un modo continuo a lo largo del proceso sin retornos excesivos o "contracorrientes"; sin cruces ni largas distancias recorridas.

Ejemplo 1

Analice los siguientes datos:

Producto	Unidad de venta	Demanda	Secuencia de operaciones
P1	Unidad	97.979	B, C, D
P2	Caja de 6 unid.	22.000	S, T, U
P3	Caja de 5 unid.	18.000	A, B, C
P4	Caja de 12 unid.	15.573	X,Y, Z
P5	Unidad	52.000	A, B, D
P6	Caja de 6 unid.	27.609	M, N, R
P7	Unidad	82.000	A, C, D
P8	Caja de 5 unid.	20.000	A, B, C, D

Hacer la gráfica o curva correspondiente que les permita indicar el tipo de distribución por adoptar y dibujar el plano de distribución de áreas de todas las operaciones.
Cada una de las operaciones necesita 15 m^2 de área y el terreno disponible es de 15 m x 13 m. Las dimensiones deben estar anotadas en el terreno.

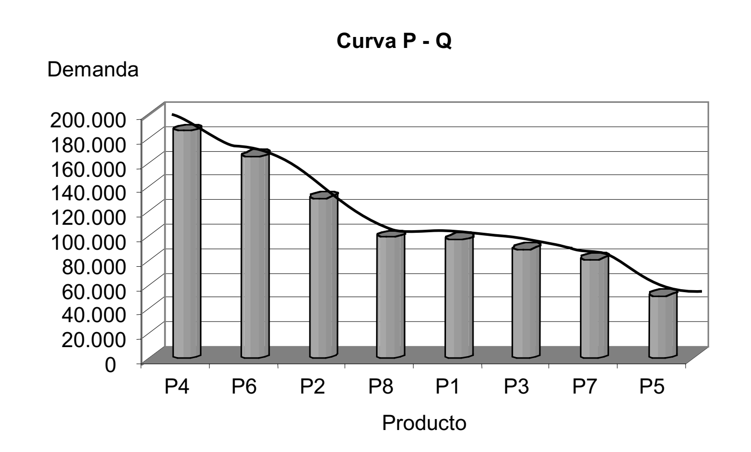
Solución

- Uniformizando la demanda en una unidad de venta:

Producto	Demanda
P1	97.979
P2	132.000
P3	90.000
P4	186.876
P5	52.000
P6	165.654
P7	82.000
P8	100.000

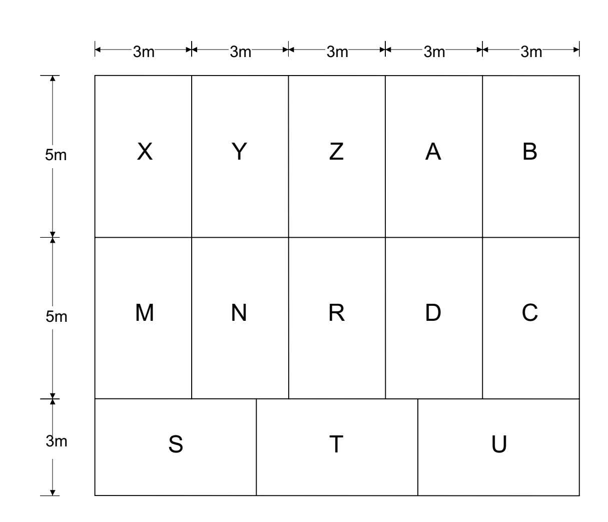
- Ordenando en forma decreciente la demanda hallada:

Producto	Demanda
P4	186.876
P6	165.654
P2	132.000
P8	100.000
P1	97.979
P3	90.000
P7	82.000
P5	52.000



Conclusión

Ordenando las áreas de las operaciones, siguiendo la secuencia de los productos más importantes como resultado del análisis P-Q, el plano adecuado sería:



Ejemplo 2

Actualmente una empresa de bocaditos elabora 20 diferentes productos en base a cuatro tipos diferentes de harina: harina de soya (Hs), harina de trigo (Ht); harina de habas (Hh) y harina de arvejas (Ha); agregándoles preservantes, colorantes, sales y otros minerales nutritivos, para venderlos en bolsas de diferentes pesos. El área de producción es un caos y desorden, generando problemas en el recorrido del producto, se ha propuesto evaluar la situación para iniciar un estudio de disposición de planta.

A continuación se ofrece la información pertinente para que usted elabore la curva PQ y recomiende lo más adecuado.

Consumo total por tipo de harina por mes:

Harina de soya (Hs) = 12.006 kg
Harina de trigo (Ht) = 7.818 kg
Harina de habas (Hh) = 1.350 kg
Harina de arvejas (Ha) = 601 kg

Producto	% de harina en el producto final				Prod. neto prod. final por bolsa (gramos)	% del consumo total por kilo de manzana
	Hs	Ht	Hh	Ha		
1			90		100	33,3
2		95			100	12,2
3		90			100	17,8
4			90		100	30,0
5	85				125	35,4
6		95			75	3,6
7	85				100	24,8
8		90			125	20,0
9			90		100	36,7
10	85				125	26,5
11		90			100	4,0
12		90			100	14,4
13	85				150	6,4
14	85				150	6,9
15				90	150	21,3
16		95			75	13,7
17		95			125	4,6
18				90	150	44,9
19				90	150	33,8
20		95			75	9,7

El consumo total por tipo de harina por mes para los 20 productos es una variable limitante para saber el número de bolsas producidas, sabiendo además el porcentaje de consumo total por kilo de harina y el porcentaje de harina en el producto final.

Por ejemplo, para el producto 1, el consumo de harina de habas es de 1.350 kg y se consume por kilo el 33,3%, por lo tanto, se consume 449,55 kg para el producto 1.

Solución

Se sabe que el peso neto de producto final por bolsa es de 100 g, siendo el 90% de harina de habas, y el 10% restante, preservantes, colorantes, sales y otros minerales; por lo tanto, habrá 90 g de harina por bolsa y en 449,55 kg se tendrá 4.995 bolsas.

Siguiendo esta metodología se estructura el siguiente cuadro:

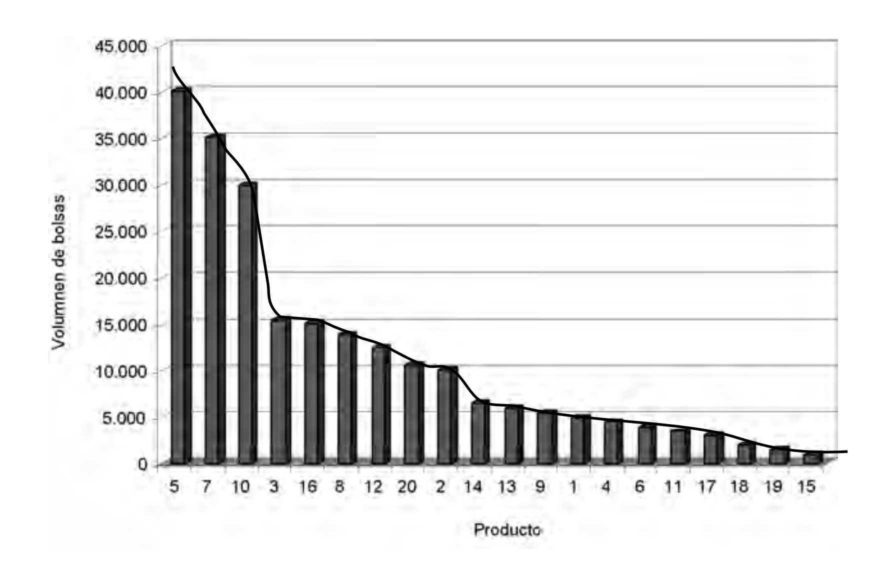
Producto	Consumo de harina (kg)	Cantidad por bolsa (g)	Volumen de bolsas
1	449,55	90,00	4.995
2	953,80	95,00	10.039
3	1.391,60	90,00	15.462
4	405,00	90,00	4.500
5	4.250,12	106,25	40.001
6	281,45	71,25	3.950
7	2.977,49	85,00	35.029
8	1.563,60	112,50	13.898
9	495,45	90,00	5.505
10	3.181,59	106,25	29.944
11	312,72	90,00	3.474
12	1.125,79	90,00	12.508
13	768,38	127,50	6.026
14	828,41	127,50	6.497
15	128,01	135,00	948
16	1.071,07	71,25	15.032
17	359,63	118,75	3.028
18	269,85	135,00	1.998
19	203,14	135,00	1.504
20	758,35	71,25	10.643

Producto	Volumen de bolsas (unid.)	Producción %
5	40.001	17,78%
7	35.029	15,57%
10	29.944	13,31%
3	15.462	6,87%
16	15.032	6,68%
8	13.898	6,18%
12	12.508	5,56%
20	10.643	4,73%
2	10.039	4,46%
14	6.497	2,89%
13	6.026	2,68%
9	5.505	2,45%
1	4.995	2,22%
4	4.500	2,00%
6	3.950	1,76%
11	3.474	1,54%
17	3.028	1,35%
18	1.998	0,89%
19	1504	0,67%
15	948	0,42%
	224.981	

Bajo este ordenamiento del volumen de bolsas por cada producto se construye la curva PQ, estando los productos en el eje de la “x”, y el volumen elaborado por cada producto en el eje de la "y".

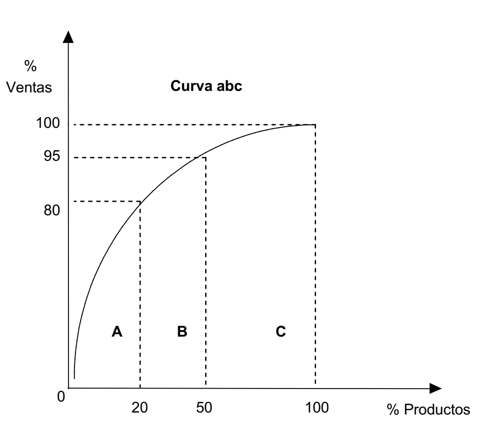
Conclusión

De acuerdo con este resultado de la curva P-Q, se recomienda iniciar el estudio de disposición de planta tomando como base los procesos de producción de los productos 5, 7 y 10, considerando el acarreo y almacenamiento de los materiales que van a ser utilizados por estos productos.



4. Curva ABC

4.1 Definición



En el análisis de disposición de planta, usualmente unos cuantos productos constituyen la mayor parte del valor de la producción al medirla por el consumo en dinero. Se pueden analizar esos pocos productos en forma detallada y visualizar su recorrido a través de la planta.

El diagrama ABC propuesto por Pareto permite clasificar los productos en función de los ingresos económicos que otorga a la empresa.

La clase A contiene cerca del 20% de los productos y el 80% del ingreso en unidades monetarias. Generalmente representa la parte más pequeña y más significativa. En el otro extremo, la clase C contiene el 50% de los productos y solo el 5% del ingreso en unidades monetarias. Estos artículos contribuyen muy poco al valor monetario del inventario. En la clase intermedia B se encuentran el 30% de los productos y el 15% del ingreso en unidades monetarias. La clasificación de los inventarios en esta forma se llama, con frecuencia, análisis ABC o regla del 80-20.

La aplicación del método de Pareto está restringido en los casos en los cuales no se puede establecer una diferenciación determinante de los volúmenes de producción entre los diferentes productos elaborados.

Podemos observar en el gráfico que el 15% de ítems con alto volumen representan aproximadamente el 25% de la producción total, lo que no sería representativo al efectuar el diagrama de Pareto.

4.2 Procedimiento para su construcción

Para elaborar la curva se deben seguir los siguientes pasos:

- Hacer una lista con la totalidad de productos.
- Establecer la demanda o las ventas de cada producto.
- Establecer los precios de cada producto.
- Construir una tabla de ordenamiento.
- Construir una tabla de importancia.
- Graficar los puntos sobre un eje de coordenadas, donde:
  X: Porcentaje acumulado de productos
  Y: Porcentaje acumulado de ventas
- Trazar la curva.
- Dividir la curva en zonas.
- Analizar el comportamiento de la curva.

Ejemplo 3

La tabla que se presenta a continuación muestra el inventario de 10 artículos:

Producto	Venta anual en unidades	Precio unitario en US$	Ingresos en US$	% de ingresos total en US$
1	5.000	1,5	7.500	2,9
2	1.500	8,0	12.000	4,7
3	10.000	10,5	105.000	41,2
4	6.000	2,0	12.000	4,7
5	7.500	0,5	3.750	1,5
6	6.000	13,6	81.600	32,0
7	5.000	0,75	3.750	1,5
8	4.500	1,25	5.625	2,2
9	7.000	2,5	17.500	6,9
10	3.000	2,0	6.000	2,4
Total	69.000	–	254.725	100,0

Los productos 3 y 6 representan una gran cantidad de venta en US$ (73,2%). Por otra parte, los productos 1, 5, 7, 8 y 10 tienen un bajo ingreso en US$ (10,5%).

Los porcentajes que corresponden a cada categoría se resumen en la siguiente tabla (la designación de las tres clases es arbitraria, podría haber cualquier número de clases). Los factores importantes se encuentran en los dos extremos: unos cuantos productos que son significativos y muchos que son relativamente insignificantes.

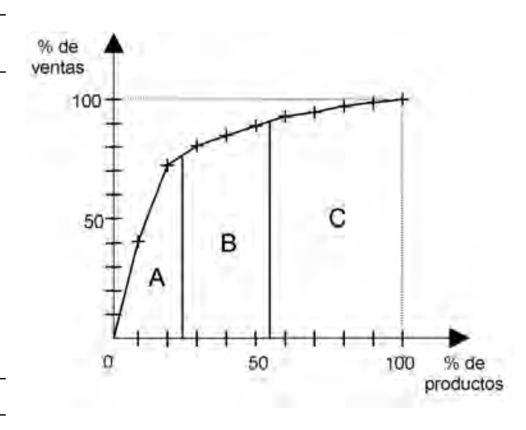
Clasificación ABC

Clase	Número de productos	% total de los productos	% de las ventas totales en US$
A	3, 6	20	73,2
B	2, 4, 9	30	16,3
C	1, 5, 7, 8, 10	50	10,5
Total		100	100,0

La curva ABC analiza todos los productos de acuerdo con su importancia en las ventas, costo variable y margen de utilidad. Para efectos de la disposición en planta, tendremos las ventas en función de esta importancia, y esta curva permite elegir a la mayoría de los productos de la zona A para analizar su recorrido y tomarlo como referencia para la distribución propuesta.

La tabla de ordenamiento sería la siguiente:

Artículo	Ingresos en US$	% de ingresos total en US$	% acumulado de productos	% acumulado de ventas
3	105.000	41,2	10,0	41,2
6	81.600	32,0	20,0	73,2
9	17.500	6,9	30,0	80,1
2	12.000	4,7	40,0	84,8
4	12.000	4,7	50,0	89,5
1	7.500	2,9	60,0	92,4
10	6.000	2,4	70,0	94,8
8	5.625	2,2	80,0	97,0
5	3.750	1,5	90,0	98,5
7	3.750	1,5	100,0	100,0
Total	254.725	100,0	–	–



Con los datos de la tabla de ordenamiento se llegará a la curva mostrada en el gráfico.

Ejemplo 4

La empresa Rotal S.A. tiene problemas en la distribución del área de envasado, se quiere iniciar un estudio de disposición de planta y se decide como primer paso hacer un análisis P-Q. Se cuenta con la siguiente información:

Los precios de los productos a sus distribuidores son:

Producto	Presentación bolsa (peso en gramos)	Producción semanal (toneladas)
Mazamorra piña	280	4.200
Polvo de hornear	50	100
Flan de vainilla	150	6.000
Pudín de chocolate	150	1.500
Azúcar finita	250	1.250
Gelatina de fresa	100	6.000
Flan de chocolate	150	1.500
Colapiz en escamas	50	2.500
Mazamorra de durazno	280	2.800
Gelatina de naranja	100	4.000
Pudín de vainilla	150	750
Gelatina de piña	100	2.000
Mazamorra morada	280	14.000

Mazamorra	1,50

Gelatina	1,30
Flan	2,00
Pudín	2,10
Colapiz	1,20
Polvo de hornear	0,80
Azúcar	1,00

El margen de utilidad en todos sus productos es de 20%.

Solución

Se determinó el número de bolsas por tipo de producto que se fabrican por semana.

Producto	Producción semanal (miles de bolsas)
Mazamorra piña	4.200/280=15
Polvo de hornear	2
Flan de vainilla	40
Pudín de chocolate	10
Azúcar finita	5
Gelatina de fresa	60
Flan de chocolate	10
Colapiz en escamas	5
Mazamorra de durazno	10
Gelatina de naranja	40
Pudín de vainilla	5
Gelatina de piña	20
Mazamorra morada	50
Total de bolsas producidas	272

Se formaron grupos de productos y se ordenaron en forma descendente en función de la producción semanal en bolsas.

Producto	Producción semanal	Participación (%)
Gelatina	120	44,12
Mazamorra	75	27,57
Flan	50	18,38
Pudín	15	5,51
Colapiz en escamas	5	1,84
Azúcar	5	1,84
Polvo de hornear	2	0,74

Obteniéndose el gráfico P-Q (véase gráfico).

Gráfico P-Q

Puede apreciarse que la gelatina y la mazamorra son los productos más importantes bajo la clasificación P-Q.

Observándose los resultados se procedió a revisar los procesos de producción y se concluyó que existen diferencias mínimas en la elaboración de los productos que se reducen al mezclado de componentes y envasado del producto, por lo que se recomendó también que se desarrolle un análisis ABC para clasificar los productos más importantes. Se tomó para ello la utilidad como criterio de clasificación. Se tienen, entonces, los siguientes datos:

			Unidad (miles de u.m.)
Mazamorra	1,5 x 0,2 x 75	=	22,5
Gelatina	1,3 x 0,2 x 120	=	31,2
Flan	2,0 x 0,2 x 50	=	20
Pudín	2,1 x 0,2 x 15	=	6,3
Colapiz	1,2 x 0,2 x 5	=	1,2
Polvo de hornear	0,8 x 0,2 x 2	=	0,32
Azúcar	1,0 x 0,2 x 5	=	1

Se ordena en forma descendente en cuanto a la utilidad y se evalúa el porcentaje acumulado:

	%	Acum.
Gelatina	37,81	37,81
Mazamorra	27,27	65,08
Flan	24,24	89,32
Pudín	7,63	96,95
Colapiz	1,45	98,4
Azúcar	1,21	99,61
Polvo de hornear	0,39	100
Total	100	

Se procede a graficar (véase gráfico ABC).

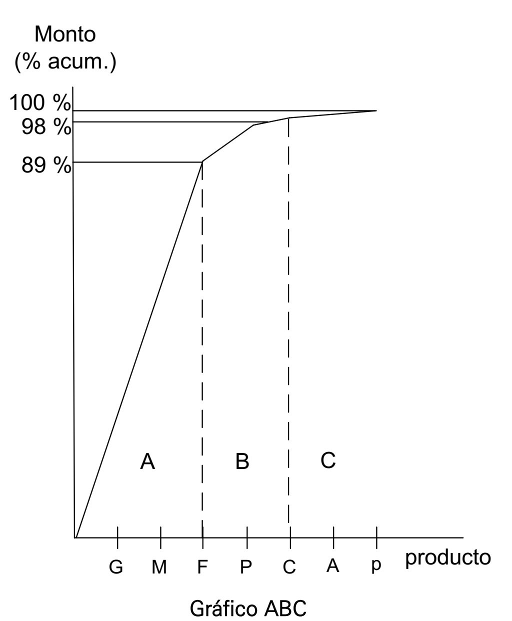


Gráfico ABC

Conclusión

Se determina la zona A: Gelatina y mazamorra, incluyendo para el estudio el flan (por su cercanía al 80%).

Finalmente, considerando el análisis P-Q y el análisis ABC, para el estudio tomaremos los tres productos.

Problemas propuestos

1. Una empresa productora de ladrillos requiere realizar una redisposición por procesos de la planta, y para ello ha recopilado la siguiente información:

Producción en toneladas:

Productos	2004	2005	2006	2007
Ladrillo archilla	3.420	4.980	7.110	8.400
Refractario básico	550	550	550	550
Ladrillo básico magnesita*	1.900	1.900	1.900	1.900
Plástico refractario	3.954	3.042	2.340	1.800
Apisonable refractario	200	200	200	200

* En este caso, para el siguiente año se ha previsto una reducción de la producción de este producto en un 50%, el cual se cubrirá con la comercialización de un producto similar que se importará de Bolivia.

Proceso de producción:

Ladrillo arcilla	chancado - tamizado - mezclado - prensado hidráulico - cocido en horno de calcinación
Ladrillo refractario básico	chancado - tamizado - mezclado - prensado por impacto - cocido en horno circular
Ladrillo básico magnesita*	chancado - tamizado - mezclado - prensado bucher - secadora
Plástico refractario	chancado - tamizado - mezclado - prensado hidráulico
Apisonables refractarios	cocido en horno de calcinación - chancado - tamizado - mezclado - ensacado

En el siguiente cuadro se ofrece la información sobre los costos y ventas expresados en US$, para la producción del año 2007.

Productos	Costo	Ventas
Ladrillo archilla	3.024.000	5.040.000
Refractario básico	535.500	892.500
Ladrillo básico magnesita*	1.346.000	4.615.000
Plástico refractario	870.000	1.450.000
Apisonable refractario	260.000	495.000

Se estima que en el 2008 se mantendrán los mismos costos y precios.

Para el 2008 se pide:

a) Elabore el análisis PQ y comente sus resultados.
b) Elabore el análisis ABC y comente sus resultados.
c) Presente la disposición de planta propuesta, teniendo un terreno disponible de 70 m x 120 m, con un pasadizo central de 10 m x 112 m.

Si se requieren las siguientes áreas para los diferentes procesos (véase tabla de la izquierda).

Almacén de insumos	(30 x 40)
Patio de materiales	120 m^2
Zona de molienda	(30 x 40)
Chancadora	120 m^2
Torre de mezclado	(30 x 80)
Mezclado	200 m^2
Tamizado	20 m^2
Zona de prensas	(8 x 10)
Prensa Bucher	40 m^2
Prensa de impacto	10 m^2
Prensa hidráulica	30 m^2
Zona de hornos	(30 x 60)
Horno de calcinación	110 m^2
Horno circular	40 m^2
Secadora	30 m^2
Zona de habilitado para despacho (20 x 30)	
Ensacado	60 m^2

2. En el área de producción de la empresa Galletera del Sur se observa congestión y desorden en la secuencia de producción y disposición de las máquinas donde se elaboran 10 diferentes tipos de galletas. El consumo total de harina en el año 2006 ha sido de 93.500 kg; y se espera que el 2007 se logre un incremento del 15% en la producción total. Ante esta situación el gerente de Producción le ha solicitado al jefe de Producción un estudio para conseguir un mejor ordenamiento y flujo de producción, mediante la adopción del tipo de distribución más adecuado de acuerdo con los volúmenes de producción de los tipos de galletas. A continuación se presentan la información y los datos pertinentes.

Tipo de galleta	% de harina	Unidad de venta o presentación (g)
Perlita	13	Bolsa de 300
Vainilla	5	Pqte. de 150
Animalitos	12	Bolsa de 120
Chaplin	5	Bolsa de 480
Soda	14	Pqte. de 16
De agua	4	Bolsa de 350
Soda craker	15	Pqte. de 300
Saladita	10	Pqte. de 450
Suavecita	10	Pqte. de 400
Sabrocita	12	Bolsa de 250

Presente la gráfica correspondiente, realice un análisis de los resultados y plantee un tipo de disposición de planta para el año 2007.

3. Analice la siguiente información de una empresa que elabora productos de caucho. Esta empresa requiere iniciar una redisposición de sus instalaciones, por lo que necesita una clasificación de sus áreas de trabajo.

La información disponible es la siguiente:

Tipos de productos	Unidades producidas	Peso por unidad (kg)	ingresos por ventas ($)
Llantas de camión	3.000	60.0	606.000
Llantas radial	15.000	10.0	1.195.800
Llantas de camioneta	6.600	20.0	660.000
BIAS (llanta convencional)	6.000	8.0	480.00
OTR (llanta por terreno)	250	90.0	99.000
Cámara	6.600	2.7	99.000
Guardacámara	3.500	3.0	42.000
Manguera	30	50.0	8.100

La empresa estima que los productos en los que obtiene sus mayores beneficios son Camión (10% del precio de venta) y Radial (15% del precio de venta); para los otros productos alcanza un promedio de 8% del precio de venta.

La empresa agrupa sus productos considerando las siguientes familias: *Trabajo ligero* (radiales, camioneta, BIAS), y *Trabajo pesado* (camión, OTR) Cámara, Guardacámara y Mangueras.

La empresa ha determinado los siguientes procesos de producción:

- CAMIÓN: Dosificado / mezclado / cortado / tabulado / formado / prensado / pintado
- CAMIONETA: Dosificado / mezclado / cortado / tabulado / formado / prensado / pintado
- RADIAL: Dosificado / mezclado / cortado / tabulado / formado / prensado / pintado
- BIAS: Dosificado / mezclado / cortado / tabulado / formado / prensado.
- OTR: Dosificado / mezclado / cortado / tabulado / formado / prensado.
- CÁMARA: Mezclado / tabulado / cortado / construcción / autoclave
- GUARDACÁMARA: Mezclado / tabulado / construcción / autoclave
- MANGUERA: Mezclado / tabulado / autoclave

Proceso	Área requerida m^2
Dosificación	100
Mezcla	300
Corte llantas	240
Corte cámaras	120
Tabulado	220
Formado	450
Prensado	200
Pintado	100
Construcción	250
Autoclave	150

Por necesidades de producción se han definido líneas de trabajo por familia, considerándose máquinas independientes para cada línea, con excepción de las zonas de dosificado, mezcla y pintado.

Además, se conoce que cada proceso requiere un área de producción de acuerdo con el cuadro de la izquierda.

Se le pide:

a) Desarrollar un análisis P-Q, definiendo las zonas correspondientes.

b). Desarrollar un análisis ABC, considerando utilidades y definiendo las zonas correspondientes.

c) Indique cuáles serán los productos o familias más importantes para el estudio de disposición de planta.

d) Presente un esquema de disposición de planta, buscando la máxima productividad. Para ello utilice un área rectangular, con un pasadizo central, teniendo el acceso por el lado izquierdo y la salida por el lado derecho del terreno.

4. La empresa de alimentos Bocaditos S.A. está dedicada a la producción de bocaditos fritos y extruidos, y tiene captado el 30% del mercado.

Los productos que se encuentran en el mercado son:

Producto	Peso (g)	Proceso	Precio por unidad
Palitos de queso	35	ABCDE	0,80
	300		2,0
Aritos de queso	50	ABCDE	1,50
Chicharrón	50	ABCDE	1,00
Papas fritas en hojuelas	65	WXY	1,30
	300		2,50
Habas fritas	50	VXY	0,50
Maní	50	XY	1,20
	25		0,70
Bolitas dulces	25	ABCFDE	0,60

Si las ventas proyectadas para el 2007 son las que se exponen a continuación:

Producto	Peso (g)	Bolsas/mes
Palitos de queso	35	10.000
	300	5.000
Aritos de queso	50	15.000
Chicharrón	50	20.000
Papas fritas en hojuelas	65	35.000
	300	15.000
Habas fritas	50	1.000
Maní	50	800
	25	800
Bolitas dulces	25	400

a) Elabore el diagrama P-Q para el 2007.
b) Elabore el diagrama ABC para el 2007.
c) Realice la distribución de planta, si se cuenta con un terreno de 24 m x 12 m, siendo las áreas para cada una de las estaciones las siguientes (véase la tabla de la derecha):

Zonas	Área m^2
A	4 x 4
B	4 x 4
C	4 x 4
D	6 x 5
E	6 x 5
F	4 x 4
V	4 x 5
W	6 x 5
X	4 x 4
Y	4 x 4

Capítulo

6 *Factor maquinaria*

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- Descripción de la maquinaria
- *Determinación del número de máquinas*

Definido el segmento de mercado para el proyecto y el tamaño de planta, se hace necesario —para el estudio de disposición de planta— la determinación del número de máquinas requeridas para cumplir con la producción, ya que de su número dependerá el espacio requerido.

En este capítulo se aplicará una metodología para el cálculo, tomando como referencia el tiempo estándar de producción, la demanda, el tiempo disponible, así como los niveles de eficiencia y utilización de las máquinas.

La información sobre la maquinaria (herramientas y equipo), es fundamental para su adecuada ordenación.

Los elementos de este factor incluyen:

- Máquinas de producción.
- Equipo de proceso.
- Dispositivos especiales.
- Herramientas, moldes, patrones, plantillas, etc.
- Controles o tableros de control.
- Maquinaria de repuesto o inactiva.
- Maquinaria para mantenimiento o taller de repuestos y herramientas u otros servicios.

Las consideraciones sobre este factor comprenden:

- Proceso o método de producción
  Los métodos son importantes para la distribución física, ya que determinan el equipo y la maquinaria que se va a usar, cuya disposición, a su vez, debe ordenarse.
  Siempre se debe saber qué combinación de métodos y de distribución puede cumplir mejor con los intereses de la fábrica.
  Es importante primero estudiar a fondo los métodos o los procesos, antes de intentar el planeamiento de la distribución.
- Características de la maquinaria o equipo
  Para saber cuál debe ser su capacidad, cómo encajará en las condiciones ya existentes y cómo cambiar el que ya tenemos por el nuevo, los puntos que hay que tener en cuenta en la selección del proceso, maquinaria y equipo son los siguientes:
  – Volumen o capacidad.
  – Tecnología de producción.
  – Cumplimiento de las especificaciones.
  – Requerimiento de instalación.
  – Costo de mantenimiento.
  – Costo de operación.
  – Disponibilidad.
  – Seguridad.
  – Servicios auxiliares.

Hay que considerar la misma información para equipo adicional, bancos, estantes, instalación eléctrica, equipo auxiliar, etc.

Sin embargo, el punto más importante es determinar el número de máquinas requeridas, lo cual sirve de base para calcular el área total requerida.

- Porcentaje de utilización de la maquinaria
  Una buena distribución deberá usar las máquinas en su completa capacidad, para lo cual se empleará de preferencia la *distribución por proceso*, por ser la que produce mejores resultados. En cambio, en la *distribución por posición fija* la eficiencia de las máquinas es menor, por cuanto el operario, que dispone de varios equipos, usa solo uno mientras los otros están parados. La *producción en cadena* es un tipo de distribución intermedia entre los dos tipos de distribución mencionados.

  El grado de utilización de la máquina depende de la variación en las necesidades de producción y el grado de equilibrio en las operaciones.
- Requerimientos relativos a la maquinaria
  - *Espacios*, *forma y altura*.- La forma de las máquinas afecta su ordenación en el espacio y su relación con otra maquinaria, así como con otras consideraciones y características. Lo mejor es poseer un modelo a escala detallada (plantilla) de cada una de ellas, que muestre sus características. También es necesario conocer la altura del equipo de operación, ya que dictará la altura mínima del techo o de las instalaciones que estén situadas en un nivel elevado por encima de la cabeza. En las industrias donde se usa la gravedad, se deberá prestar atención a la altura del equipo.
  - *Peso*.- Algunos procesos requieren pisos resistentes. Esta condición nos dictará el uso del sótano o de la planta baja como emplazamiento. Casi toda clase de equipo y maquinaria grande y pesada cae en esta categoría.
- Requerimientos del proceso
  Determinados procesos requieren de condiciones especiales (ventilación, buena luz, etc.), lugares especiales (prevención de la contaminación, ruido) o protección (accidentes), puntos que deben ser revisados para saber si el proceso requiere o no de ellas.
  - *Tuberías*: agua, ácido, aire comprimido, lubricante.
  - *Desagües*: agua de desechos.
  - *Conductos de ventilación y escape:* vapores, polvo, suciedad, humos.
  - *Conexiones*: electricidad, transmisiones.
  - *Elementos de apoyo y soporte*: cimientos, puntales, techos, suelos reforzados.
  - *Protección o aislamiento*: combustión, explosión, contaminación.
  - *Acondicionamiento*: aire filtrado, temperatura, etc., absorción
  - *Movilidad*: características especiales de movilidad o desplazamiento.

Los requerimientos de cantidades de producción podrán expresarse en kilogramos, toneladas, volumen, centenas, decenas o unidades. En caso de unidades se hará el balance de materia con el entero superior.

1. Descripción de la maquinaria

FICHA DESCRIPTIVA DE MÁQUINA Y EQUIPO

Planta: IACSA
Sección: Confitería
Nombre: Extrusora
Modelo:

Ficha N°: 009
Hecho por: Área de producción

Datos técnicos:

Potencia	6,6 Hp
Energía consumida	5 KWh
Corriente.	80 Amp.
Tensión (volt)	220

Dimensiones generales

Largo: 3,4 m
Ancho: 1,5 m
Altura: 1,80 m

Área de operación: 5,62 m^2
Área de pasillos: 2 m^2
Área tina de recepción: 3 m^2

Área total = 10,62 m^2

Herramientas y accesorios:
1 balanza digital (1 eléctrica)

FICHA DESCRIPTIVA DE MÁQUINA Y EQUIPO

PLANTA: Callao II — Ficha Nº: 4
SECCIÓN: Torneado — Hecho por: INDIRA
NOMBRE: Torno horizontal convencional (industrial)
MARCA: XX

Datos técnicos:

Corriente (Amp.)	Tensión (Volt.)	
	220	Potencia de motor principal 5,5 cv Potencia de la motobomba 0.07 cv

Vista frontal

Dimensiones generales

Largo:	2,215 m
Ancho	0,850 m
Altura:	1,195 m
Peso:	
Neto:	925k
Bruto:	1,130k
Altura de puntos:	200 mm
Distancia entre puntos:	750-1.150 mm
Ø Admitido sobre banca de:	390 mm
Ø Admitido sobre escote:	590 mm
Ø Admitido sobre carro longitudinal:	360 mm
Ø Admitido sobre carro transversal:	210 mm
Anchura de la bancada	300 mm
Agujero de husillo principal:	52 mm
Cono morse del husillo principal:	N° 4
RPM del husillo:	40-2.200
Avance longitudinal	0,05-0,75 mm
Avances transversales:	0,025-0,375 mm
Recorrido del carro transversal:	300 mm

Área de operación:
Área de almacenaje: 2 m de contorno
Área de servicio:
Área de pasillos: 2,5 m
Área total =

Datos adicionales:
Se obtiene cuerpos de forma cilíndrica. Trabaja materiales como el acero. Mediante una cuchilla le da forma cilíndrica de acuerdo con un diámetro determinado o en función de las medidas de un plano técnico.

Transmisión
Por caja de engranajes.

Herramientas y accesorios:
Chuck portabrocas, contrapunta, portaherramientas, cuchilla, brocas, maleteadores.



FICHA DESCRIPTIVA DE MÁQUINA Y EQUIPO

Planta: IACSA
Sección:
Nombre: Envasadora.
Marca: Riccharelly

Ficha N°: 011
Hecho por: Área de producción.

Datos técnicos:

Potencia	1HP 0.8
Energía consumida	0.8 KW/hora
Corriente	150
Tensión (volt)	220

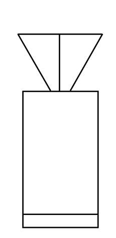
Dimensiones generales

Largo: 3 m
Ancho:1,33 m
Altura: 1,25

Vista horizontal

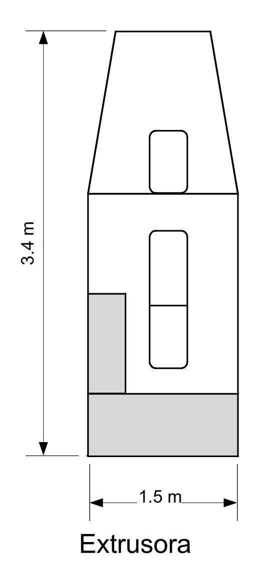
Envasadora

Vista frontal

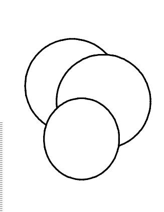


Adicional de área para tolva de envasado tercer piso = 9,56 m^2
Área de envasado segundo piso = 26,30m^2
Área total = 35,86m^2

Herramientas y accesorios:
Utiliza un rollo de laminado metalizado

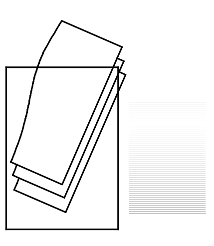


Pailas



3. m
1.33 m
Envasadora

Planchas



Ruma Cajas por 20 unidades

2. Determinación del número de máquinas

Hay diversos métodos para determinar el número de máquinas requeridas para los procesos de producción:

Método A

Para el cálculo del número de máquinas como las extrusoras y algunos equipos de proceso, tales como molinos y mezcladoras, donde el procesamiento no se realiza por unidades discretas, sino más bien por cargas o "batch", el tiempo de operación deberá expresarse por "batch" o carga.

Tomando como base los tiempos de operación y los tiempos disponibles

$$\text{Nº máq. (N)} = \frac{\text{(Tiempo de la operación por pieza por máq.) x (demanda anual)}}{\text{N° total de horas disponibles al año}}$$

O también

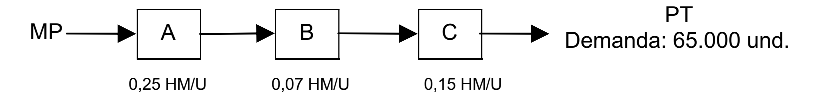
$$\text{Nº máq. (N)} = \frac{\text{requerimientos de producción por hora para cumplir la demanda}}{\text{Producción por hora por máquina}}$$

Donde:

$$\text{Requerimientos de prod. por hora para cumplir con la demanda} = \frac{\text{demanda}}{\text{N° horas anuales}}$$

Ejemplo 1

Establecer el número de máquinas cuando se fabrica un solo producto:



Solución

Horas al año: 3 turnos = 250 x 7,5 x 3 = 5.625 horas

Nº de máquinas en A:

3 turnos:

$$N_A = \frac{0{,}25 \frac{HM}{und} \times 65.000 \, año}{5.625 \frac{horas}{año}} = 2{,}8 \, Mq. \approx 3 \, Mq.$$

$$N_B = \frac{0{,}07 \frac{HM}{und} \times 65.000 \, año}{5.625 \frac{horas}{año}} = 0{,}808 \, Mq. \approx 1 \, Mq.$$

$$N_C = \frac{0{,}15 \frac{HM}{und} \times 65.000 \, año}{5.625 \frac{horas}{año}} = 1{,}733 \, Mq. \approx 2 \, Mq.$$

Conclusión

Se requieren 3 máquinas A, 1 máquina B y 2 máquinas C.

Ejemplo 2

Determine el número de máquinas para el año 2007, si la demanda crece a razón de 3,75% anual. Los datos son los siguientes:

Producto	Secuencia de procesamiento	Venta del año 1999 (miles)
P1	A B A	45,5
P2	B A B	72,8
P3	C	17,6

Considere 250 días al año y un turno por día de 7,5 horas.

Producto	Horas máquina por 10 productos		
	A	B	C
P1	0,4608	0,2512	—
P2	0,2115	0,3918	—
P3	—	—	0,356565

Solución

Primero se determina la demanda para el año 2007, considerando el crecimiento 3,75% anual de las ventas.

	2003	2004	2005	2006	2007
P1	45,5	47,2	48,97	50,81	52,72
P2	72,8	75,53	78,36	81,3	84,35
P3	17,6	18,26	18,94	19,65	20,39

Generalmente se utiliza el término 'horas efectivas' cuando en un turno se indica el tiempo efectivo de trabajo, esto es, sin considerar el tiempo de refrigerio.

Tomando como bases los tiempos de operación por producto horas disponibles se determina el número de máquinas:

- Para el producto 1

$$N^0_{TA1} = \frac{0{,}04608\,HM/Pz \times 52.720\,Pz./año}{250\,d/año \times 7{,}5h/d} = \frac{2.429{,}3376}{1.875} = 1{,}29$$

$$N^0_{TB} = \frac{0{,}02512\,HM/Pz \times 52.720\,Pz./año}{250\,d/año \times 7{,}5h/d} = \frac{1.324{,}3264}{1.875} = 0{,}706$$

$$N^0_{TA2} = \frac{0{,}04608\,HM/Pz \times 52.720\,Pz./año}{250\,d/año \times 7{,}5h/d} = \frac{2.429{,}3376}{1.875} = 1{,}29$$

- Para el producto 2

$$N^0_{B_1} = \frac{0{,}03918 \times 84.350}{250 \times 7{,}5} = \frac{3.304{,}833}{1.875} = 1{,}76$$

$$N^0_{A} = \frac{0{,}025115 \times 84.350}{250 \times 7{,}5} = \frac{2.118{,}45}{1.875} = 1{,}13$$

$$N^0_{B2} = \frac{0{,}03918 \times 84.350}{250 \times 7{,}5} = \frac{3.304{,}833}{1.875} = 1{,}76$$

- Para el producto 3

$$N^o_c = \frac{0{,}03565 \times 20.390}{250 \times 7{,}5} = \frac{726{,}9035}{1.875} = 0{,}3876$$

- Número de máquinas:

$$N_A = \underbrace{N_{A1} + N_{A2}}_{P_1} + \underbrace{N_A}_{P_2} = 1{,}29 + 1{,}29 + 0{,}95 = 3{,}53 \approx 4 \text{ máquinas}$$

$$N_B = \underbrace{N_B}_{P_1} + \underbrace{N_{B1} + N_{B2}}_{P_2} = 0{,}706 + 1{,}76 + 1{,}76 = 4{,}226 \approx 4 \text{ máquinas}$$

$$N_C = 0{,}3876 \approx 1 \text{ máquina}$$

Conclusión

El número de máquinas para el año 2007 será de 4 máquinas A, 4 máquinas B y 1 máquina C.

Método B

Determinación de los requisitos de maquinaria suponiendo información perfecta.

La fórmula general para el cálculo del número de máquinas requeridas es la siguiente:

$$N = \frac{T \times P}{H \times C}$$

Donde:

N = Número de máquinas requeridas
T = Tiempo estándar de operación por unidad
H = Horas disponibles al año por factor de corrección

$$C = \frac{\text{total de horas funcionamiento}}{\text{total de horas funcionamiento + horas perdidas}}$$

P = Producción requerida (número de unidades por producir)

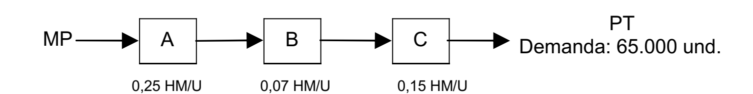
$$P = \frac{D}{1 - f}$$

Donde:

D = Demanda, producción buena requerida
f = Fracción de defectuosos en la operación

Ejemplo 3

Un taller de ensamble de motores consta de tres estaciones de trabajo: A, B y C. El esquema de la línea y la producción anual se muestra a continuación:



Además, se dispone de los siguientes datos:

	A	B	C
Horas máquina por pieza (T)	0,25	0,07	0,15
Horas disponibles al año	1.875	1.875	1.875
Factor de corrección	0,80	0,80	0,80
Promedio mensual de horas en mantenimiento	13	2	5

Solución

Hallamos los valores de P, H, C:

	A	B	C
P (unidades anuales)	65.000	65.000	65.000
H (horas disponibles al año factor de corrección)	1.500	1.500	1.500
Horas anuales en mantenimiento (hm)	156	48	60
Horas efectivas anuales (he)	1.344	1.452	1.440
C (coef. de utilización) = $\frac{he}{he + hm}$	0,896	0,968	0,96

Luego, calculamos el número de máquinas requeridas:

$$N_A = \frac{0,25 \times 65.000}{1.500 \times 0,896} = 12,09 \approx 13$$

$$N_B = \frac{0,07 \times 65.000}{1.500 \times 0,984} = 3,08 \approx 4$$

$$N_C = \frac{0,15 \times 65.000}{1.500 \times 0,96} = 6,77 \approx 7$$

La aproximación realizada al entero superior, en el cálculo de número de máquinas, se hace necesaria con el fin de expresar el número de máquinas como unidades discretas.

Conclusión

Para cumplir con la producción se necesitan 14 máquinas A, 4 máquinas B y 7 máquinas C.

Ejemplo 4

Actualmente, en la sección de producción X se pierde un total de 285 horas anuales por desperfectos y averías de las máquinas. Si el pronóstico de ventas es de 120.000 piezas por año y se trabajan 8 horas diarias durante 250 días al año, determine:

1. El número actual de máquinas utilizadas para cubrir la demanda, si la producción es de 5 piezas por hora por máquina.
2. Si, luego del establecimiento de un programa de mantenimiento moderno, se estima reducir el 50% de las horas perdidas por desperfectos y averías de máquinas al año, y el nuevo tiempo de operación es de 0,162 horas por pieza, calcule el número de máquinas requeridas para cumplir con la misma demanda.

Solución

Las ventas anuales: 120.000 pz.
El número de horas disponibles al año: 2.000 horas
Horas anuales perdidas por desperfectos de máquina: 285 horas

Considerando esta información, la determinación del número de máquinas se hallará aplicando la siguiente fórmula:

$$N = \frac{T \times P}{H \times C}$$

Determinación del valor de C considerando las horas perdidas por mantenimiento:

$$C = \frac{2.000 - 285}{2.000} = 0,8575$$

Si se sabe que se produce 5 pz. por HM, entonces para producir una pieza se requerirá 0,2 horas.

Conclusión 1

$$N = \frac{0,2\,HM/pz. \times 120.000\,pz/año}{2.000\,HM/año \times 0,8575} = \frac{2.4000}{1.715} = 13,99 \approx 14\,máquinas$$

Conclusión 2

El 50% de 285 horas nos daría 142,5 horas anuales perdidas por desperfectos, luego el valor de C será:

$$C = \frac{1.857,5}{2.000} = 0,92875$$

El nuevo tiempo de operación es de 0,162 hora por pieza, lo que nos lleva a un nuevo número de máquinas:

$$N = \frac{0,162\,HM/pz. \times 120.000\,pz/año}{2.000\,HM/año \times 0,92875} = \frac{19.440}{1.857,5} = 10,46 \approx 11\,máquinas$$

Si el cálculo del número de máquinas da un resultado superior al número actual de máquinas, no debe necesariamente tomarse la decisión de compra de las máquinas faltantes. Primero, deberá verificarse si existen máquinas de ese tipo, con tiempo disponible en otra línea de producción. También será conveniente hacer un análisis de la utilización de turnos adicionales de trabajo o evaluar el uso de horas extras.

Método C

Determinación de los requisitos de maquinaria cuando los productos requieren reproceso.

El tiempo necesario para reprocesar las cosas puede ser más largo que el de la operación original, puesto que cada pieza que tiene que elaborarse de nuevo presenta sus propias exigencias particulares.

Es conveniente, por lo tanto, analizar los motivos que generan productos defectuosos para poder reducirlos o eliminarlos. Algunos factores que determinan niveles de rechazo podrían ser:

- Equipos.
- Materiales.
- Herramientas y métodos de trabajo.
- Políticas de mantenimiento.
- Diseño y especificaciones de producción.
- Garantía de calidad y eficacia.
- Personal.

Luego, se pueden evaluar los requerimientos de máquina para reproceso:

$$N' = \frac{T'P'}{HC}$$

N' = número de máquinas para reproceso
T' = tiempo requerido para esos trabajos
P' = número de artículos que hay que reprocesar

Ejemplo 5

De acuerdo con la información siguiente determine usted el número de máquinas requerido para cumplir con la producción así como el área que se necesita para su instalación.

Producto	Secuencia	Demanda / Mes
X1	B - A - C	3.000 unidades
X2	A - B - C	12.000 unidades
X3	A - C - B	6.000 unidades

Producción estándar (unidades/hora)

Máquina	Operación	X1	X2	X3
A	Corte	30	12	15
B	Doblado	6	6	6
C	Remachado	12	30	10

Horas perdidas por reparación y mantenimiento
Máquina A: 8,5 horas cada dos semanas
Máquina B: 8,5 horas cada dos semanas
Máquina C: 3,5 horas cada dos semanas

Productos defectuosos de cada 1.000 productos procesados

Máquina	X1	X2	X3
A	60	00	30
B	35	45	55

Para la máquina C el promedio de productos defectuosos es de 3,5% para cualquier tipo de producto.

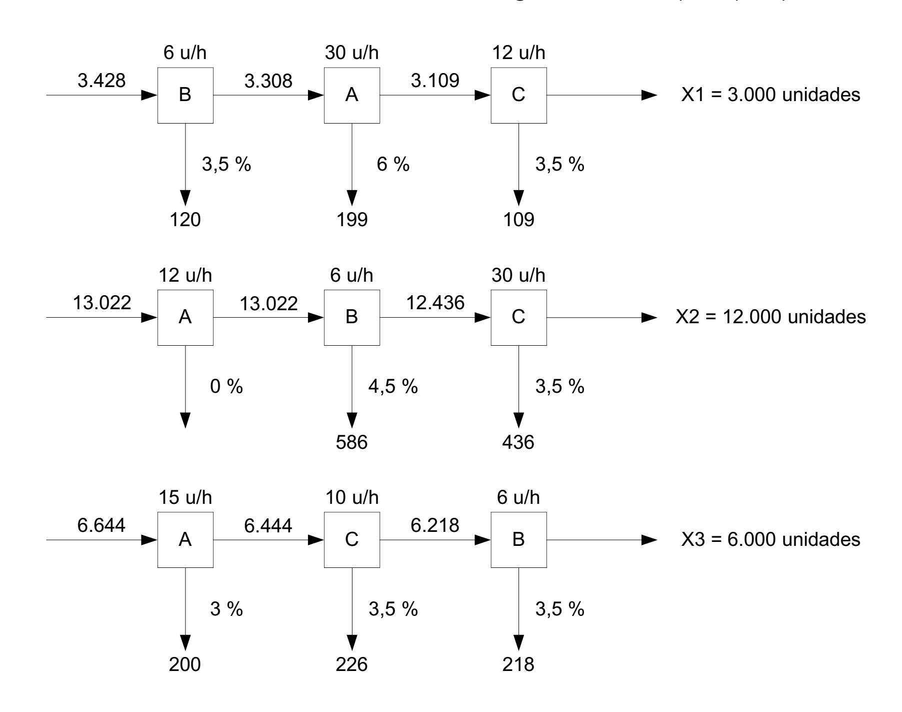
Horas efectivas de trabajo:

45 horas de trabajo por semana
Máquina A: 81,5 horas cada dos semanas
Máquina B: 81,5 horas cada dos semanas
Máquina C: 83 horas cada dos semanas

Considere un factor de corrección en los periodos de trabajo de 0,85 por descansos, refrigerios y otros.

Solución

Teniendo en cuenta la demanda mensual y el porcentaje de defectuosos, confeccionamos un diagrama de bloques por producto:



- Calculamos: horas disponibles (H) y coeficientes de utilización para cada máquina (Ca, Cb, Cc):

$$Cc = \frac{83}{83 + 3,5} = 0,96$$

$$H = 45\frac{h}{sem} \times 4\frac{sem}{mes} \times 12\frac{mes}{año} \times 0,85 = 1.836\frac{h}{año}$$

$$Ca = \frac{81,50}{81,50 + 8,5} = 0,91$$

$$Cb = \frac{81,50}{81,50 + 8,5} = 0,91$$

$$Cc = \frac{41,5}{41,5 + 3,5} = 0,93$$

- Calculamos el número de máquinas A, B y C:

$$Na = \frac{\frac{1\ HM}{30\ unidad} \text{ x } 3.308 \text{ unidades}}{1.836 \text{ horas x } 0.91} + \frac{\frac{1}{12} \text{ x } 13.022}{1.836 \text{ x } 0,91} + \frac{\frac{1}{15} \text{ x } 6.644}{1.836 \text{ x } 0,91} = 0.98 \approx 1 \text{ máquina}$$

$$Nb = \frac{\frac{1\ HM}{8\ unidad} \text{ x } 3.428 \text{ unidades}}{1.836 \text{ horas x } 0,91} + \frac{\frac{1}{6} \text{ x } 13.022}{1.836 \text{ x } 0,91} + \frac{\frac{1}{6} \text{ x } 6.218}{1.836 \text{ x } 0,91} = 2,26 \approx 3 \text{ máquinas}$$

$$Nc = \frac{\frac{1\ HM}{12\ unidad} \text{ x } 3.109 \text{ unidades}}{1.836 \text{ horas x } 0,96} + \frac{\frac{1}{30} \text{ x } 12.436}{1.836 \text{ x } 0,96} + \frac{\frac{1}{10} \text{ x } 6.444}{1.836 \text{ x } 0,96} = 0,75 \approx 1 \text{ máquina}$$

PROBLEMAS PROPUESTOS

1. Una empresa produce 77 kilos/hora de bidones en base al policarbonato (PC), bajo el siguiente proceso productivo:

- *Mezclado*.- El policarbonato virgen es mezclado con material reciclado en la proporción de (5%-25%).
- *Secado*.- La mezcla es llevada a un secador donde es expuesta a una temperatura de 120ºC. La humedad que se extrae se puede considerar despreciable.
- *Extrusión-soplado*.- Mediante un dispositivo de alimentación por aspiración de la mezcla es trasladada a la máquina donde se produce la plastificación, formando una manga que luego es soplada para formar el bidón. En esta estación se genera 2,26% de desperdicios reciclables.
- *Recorte*.- Una vez extraído el producto del molde se recortan los extremos sobrantes del pico. Los sobrantes forman el 20,35% del material que ingresa a esta estación.
- *Biselado*.- En esta operación se eliminan las imperfecciones del pico y se revisa la calidad del producto. El desperdicio generado se considera despreciable.

Los desperdicios y sobrantes son molidos hasta un tamaño similar a los *pellets* (bolitas) del policarbonato virgen, formando así el material reciclado para el mezclado. El desperdicio de esta estación de molido es de 16,93% (desperdicio no recuperable). Un estudio de métodos del proceso estima que para disminuir el porcentaje de los desperdicios de material se debería efectuar un mantenimiento del equipo de extrusión y soplado los días sábados por una hora y media, para mejorar la calidad y reducir los desperdicios y sobrantes en un 50%.

Las características generales de la maquinaria involucrada en el proceso son mostradas en la tabla de la derecha.

Determine el número de máquinas requeridas para la línea de producción.

	k/h	Eficiencia %
Mezclado	80	95
Secado	120	95
Extrusora-sopladora	107	95
Molido	50	70

2. Una empresa debe decidir por la compra de máquinas de costura recta, para cubrir una demanda de camisas (1.200.000 unidades); actualmente la empresa labora en dos turnos de 7,5 horas de trabajo efectivo cada uno, cubriendo solo el 40% de la demanda.
¿Cuántas máquinas serán necesarias para cubrir el 100% de la demanda?
La información técnica es la siguiente:

Producción	:	30 camisas por hora
Mantenimiento	:	2 horas de mantenimiento por cada 78 horas de funcionamiento.
Porcentaje de defectuosos en el proceso	:	3%

Considerar 20 días por mes.

3. Una empresa productora de aderezos para ensaladas elabora dos productos, cada uno de ellos disponible en frascos y bolsas de plástico. La empresa desea determinar los requerimientos de equipo y mano de obra para los próximos 3 años.

El departamento de mercadeo suministró los siguientes valores de demanda proyectada (miles) para los próximos 3 años.

	Años		
	1	**2**	**3**
Aderezo "Paco"			
Frasco	100	150	200
Bolsa	200	300	400
Aderezo "Piki"			
Frasco	85	95	97
Bolsa	400	600	650

Actualmente existen 3 máquinas disponibles que en total pueden envasar hasta 12.500 frascos al mes. Cada una de estas máquinas requiere 2 operadores y puede producir frascos de ambos aderezos. También están disponibles 5 máquinas embolsadoras con una velocidad de producción de 208.333 bolsas al mes. Se requieren 3 operadores para cada máquina embolsadora, las cuales pueden embolsar los dos tipos de aderezos.

Mano de obra disponible:

Operadores de máquinas embolsadoras	20
Operadores de máquinas enfrascadoras	6

a) ¿Recomendaría la compra de máquinas?, evalúe la situación para cada año.
b) Determine el requerimiento de operadores para cada año. Comente sus resultados.
c) Determine la capacidad instalada de las máquinas de la línea de frascos para los próximos 3 años, considerando el total de máquinas, incluyendo las compradas.
d) Determine en porcentaje la capacidad utilizada de las máquinas para cada uno de los próximos 3 años.

4. La empresa Kricitos S.A. tiene como objetivo establecer una línea de producción de un producto alimenticio de gran consumo popular; el producto final se presenta en bolsas plásticas, conteniendo cada una 200 gramos netos de alimento; las ventas estimadas por mes son de 28.000 docenas de bolsas.

El proceso de fabricación es el siguiente:



La operación de cortado utilizará máquinas cortadoras, el freído se realizará en máquinas freidoras eléctricas, y el embolsado se llevará a cabo en una máquina de embolsado continuo.

Operación	Tiempo de operación	Mermas (desperdicio)
Cortado	78 kg/hora	5%
Freído	11 kg/min	2%
Embolsado	20 bolsas /min	2%

La información para el proceso anteriormente descrito se muestra en la tabla de la izquierda.

La fábrica trabaja 22 días al mes, en dos turnos por día, de 7,5 horas efectivas cada turno.

Calcular:

a) El número de máquinas en cada operación para cumplir con la demanda.
b) La capacidad instalada y la capacidad utilizada.

5. La empresa Confecciones SAC tiene un cliente, que requiere una producción anual de 1.080.000 unidades de un nuevo diseño de chompas para exportación.

La empresa considera importante establecer una línea de producción para dicho producto. El jefe de producción, basado en su experiencia, define la siguiente información:

Secuencia de actividades	Unidades producidas	Tipo de máquina requerida
Pegado de bolsillo en delantero	25 seg/unidad	Costura lineal
Pegado de delantero y espalda	32 prendas /hora	Remalladora 3 agujas
Pegado de cuerpo con mangas	0.94 min/unidad	Remalladora 3 agujas
Pegado de puños	7.2 min/docena de prendas	Costura lineal
Pegado de cuello	1.454 al día	Recubridora
Hacer (7) ojales por prenda	0.135 min/cada ojal	Ojaladora
Pegar botones	0,94 min/prenda	Botonera

Se sabe, por experiencia, que del total de productos fabricados el 4% tiene fallas en la tela, el 2% tiene fallas en el pegado de mangas y 3% en los ojales; sin embargo, estos productos se fabrican hasta el final y se venden como productos de segunda en el mercado local.

Para facilitar el control la Jefatura de Producción desea minimizar las diferentes actividades, haciendo que un mismo operario realice más de una actividad en la máquina asignada, siempre y cuando no se altere la secuencia de fabricación antes mostrada.

Si la planta trabaja 2 turnos de 8 horas durante 270 días al año, determinar:

a) ¿Cuántas prendas deberían ser confeccionadas para cumplir con el pedido de exportación?
b) ¿Cuántas máquinas se requerirá por cada tipo?

6. La Gerencia de Producción de Productos Capilares S.A. ha encargado al Departamento de Ingeniería la realización de un análisis de capacidad para diciembre del 2002.

La empresa cuenta con 5 centros de trabajo (CT):

a) Producción de graneles: Cuenta con dos marmitas mezcladoras MACK de 1.000 litros cada una (fabricación de líquidos: CT 1), las cuales trabajan independientemente. Además, cuenta con un mezclador Krieger de 300 kg de capacidad (fabricación de cremas: CT 2).
b) Acondicionado de productos terminados: Cuenta con:
   - CT3: 2 Llenadoras de frascos Tema (llena cualquier capacidad de frascos)
   - CT4: 1 Sacheteadora Mainar
   - CT5: 1 Llenadora de tubos Kalix Dupuy

La planta trabaja en condiciones normales (solo por razones de demanda) 1 turno por día de 7,5 horas efectivas y de lunes a viernes (no feriados).

El Departamento de Logística proporcionó el programa de producción proyectado para diciembre. A continuación se presenta la información de los parámetros productivos:

Fabricación a granel	H-M/Lote	Lote
Líquidos (Marmita: Mack)	3,5	1.000 litros
Cremas (Mezclador: Krieger)	2,0	300 kg

Acondicionado de líquidos	H-M/Lote	Dic-04 Producción
Frascos (ml) (Máquina Tema)		
250	4,0	120.000 frascos
400	3,6	75.000 frascos
500	3,4	40.000 frascos
1.000	1,5	2.000 frascos

Sachets **(Máquina: Mainar)**	H-M/Lote	Dic-04 Producción
Dispenser X 40 Sachets (10 ml/Sach)	11,0	50.000 *dispensers*

Acondicionado de cremas	H-M/Lote	Dic-04 Producción proyectada (unid.)
Tintes (Máqu ina: Kalix Dupuy)		
Tubos X 50 gr individuales	3,6	300.000 tubos

El calendario para el mes de diciembre es como sigue (los feriados están encerrados en una cuadrícula):

Mes de diciembre del 2007						
Dom	**Lun**	**Mar**	**Mie**	**Jue**	**Vie**	**Sab**
30	31					1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29

Suponga que está a cargo del Departamento de Ingeniería; considerando la información disponible realice el análisis solicitado y responda lo siguiente:

a) ¿Es suficiente el número de máquinas? Indicar el porcentaje de utilización de los centros de trabajo en diciembre en condiciones normales.
b) En las recomendaciones dadas a la Gerencia referidas a los resultados del punto a), analice los casos particulares y cuantifique su respuesta.
c) Determinar si es suficiente el grado de detalle de la información proporcionada por el Departamento de Logística. Si su respuesta es negativa indique los datos adicionales necesarios.

Capítulo

7 *Factor hombre*

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- Elementos del factor hombre
- Consideraciones sobre el factor hombre

Este capítulo está dedicado a analizar los aspectos relacionados con las personas que trabajan en la empresa, considerando el espacio que requerirá cada una de ellas, de acuerdo con las funciones que realiza dentro de los procesos establecidos para alcanzar los objetivos de la compañía. Se hace hincapié en el diseño óptimo de la estación, donde se cumplirán las condiciones ambientales de trabajo y de seguridad.

Para determinar el área total requerida será necesario establecer primero el número de personas, y para ello desarrollaremos los cálculos necesarios.

1. Elementos del factor hombre

Los elementos o particularidades del factor hombre abarcan:

- Mano de obra directa.
- Jefes de equipo y capataces.
- Jefes de sección y encargados.
- Jefe de servicios.
- Personal indirecto o de actividades auxiliares.
- Personal eventual y otros.

2. Consideraciones sobre el factor hombre

Siendo el factor humano el más importante en el proceso productivo, pues inicia la dinámica del proceso y el control de las operaciones, resulta fundamental brindarle las condiciones adecuadas para lograr un eficiente desempeño. Debe tenerse en cuenta que el tiempo estándar supone tiempos suplementarios, que dependen directamente del sexo del trabajador y de sus condiciones de trabajo.

A continuación se detallan algunas consideraciones sobre las condiciones de trabajo que se deben tener en cuenta.

Decreto Supremo 009-2005-TR
Principio de protección*: Los trabajadores tienen derecho a que el Estado y los empleadores promuevan condiciones de trabajo dignas que les garanticen un estado de vida saludable, física, mental y social. Dichas condiciones deberán propender a:*
a) Que el trabajo se desarrolle en un ambiente seguro y saludable.
b) Que las condiciones de trabajo sean compatibles con el bienestar y la dignidad de los trabajadores y ofrezcan posibilidades reales para el logro de los objetivos personales del trabajador.

2.1 Condiciones de trabajo y seguridad

Las buenas condiciones de trabajo elevan el nivel de productividad de las empresas y reducen enormemente el número de accidentes laborales, evitando el ausentismo y la inseguridad de los trabajadores en su desempeño de sus actividades; por otro lado, eleva la moral del personal, motivándolo para que participe activamente en el proceso productivo.

El beneficio económico que se puede alcanzar si se toman en cuenta las condiciones de trabajo es considerable, en comparación con los gastos que ocasiona el diseño o rediseño de los sistemas de trabajo.

La ergonomía, que estudia los problemas de la mutua adaptación entre el hombre y la máquina, tiene por objetivo la mejora de las condiciones de trabajo de las personas. Específicamente se refiere a la consideración de los seres humanos en el diseño de los objetos, de los medios de trabajo y de su entorno, pudiendo mantener o acrecentar los valores deseados en el proceso, como la satisfacción, la seguridad y la calidad de vida.



Bajo este concepto, la ergonomía requiere el apoyo de otras disciplinas, como la antropometría, ciencia que se encarga de determinar las dimensiones estructurales y funcionales del cuerpo humano. Las medidas antropométricas facilitan la creación y adaptación de diseños de estaciones de trabajo de acuerdo con las necesidades del trabajador; y la biomecánica, disciplina que estudia la mecánica y los alcances del movimiento humano, los cuales servirán de pauta para organizar el área de trabajo y determinar la fatiga muscular como resultado de una actividad dinámica o estática, prescindiendo de las medidas pertinentes de seguridad.

Los exitosos programas ergonómicos son una parte integral del sistema funcional de salud total y seguridad en una industria libre de dificultades. Estos deben tener los siguientes componentes: orden funcional, empleados comprometidos, programas detallados, análisis de riesgos, gerencia médica y entrenamiento.

El sistema de análisis de riesgos incluye la antropometría y la biomecánica, las evaluaciones del trabajo y las soluciones desarrolladas e implementadas.



El primer paso en el análisis de riesgos consiste en seleccionar la tarea por estudiar. En el segundo paso se analizan los trabajos o tareas mientras están en ejecución; esto es, se realiza una descomposición del trabajo, observando la conducta del individuo y evaluando la frecuencia del movimientos. En el tercer paso se identifican los riesgos y los problemas potenciales de la ergonomía, describiéndolos clara y específicamente. El paso final consiste en determinar las estrategias para la eliminación de los riesgos ergonómicos identificados.

Los principales factores ambientales que influyen en la productividad son los siguientes:

- *La iluminación.-* La iluminación ayuda a proporcionar un medio circundante seguro, y permite, además, una visión cómoda, que redunda en una mejora de la calidad y una mayor producción.

  La cantidad de iluminación se mide en luxes, siendo un índice de la capacidad de la fuente luminosa para producir iluminación. La intensidad de luz a que se refiere depende de la clase de trabajo que se quiere realizar (véase anexo 5).

La iluminación de las zonas de trabajo se puede mejorar sin necesidad de aumentar el número de fuentes, si se hace una limpieza frecuente de estas, se pintan las paredes con colores claros y se cambian las lámparas que estén falladas o que ya no funcionen.

- *El ruido.-* El ruido es todo sonido no deseado que interfiere en la comunicación, causa daños fisiológicos y psicológicos en el operario y genera pérdidas económicas a la empresa. El daño que el ruido puede ocasionar depende principalmente de su intensidad, frecuencia y tiempo de exposición.

  El máximo nivel de ruido, el cual se mide en decibeles (dB), al que puede estar expuesto un trabajador durante 8 horas es de 90 dB; durante 4 horas, 95 dB; durante 2 horas, 100 dB; durante 1 hora, 105 dB; durante media hora, 110 dB; y de 115 dB durante un cuarto de hora; no se permiten más de 115 dB.

  Entre las medidas de ingeniería para controlar el ruido están las de efectuar el mantenimiento de la maquinaria o sustituirla por otra menos ruidosa, aislar a las personas de este equipo o cambiarlo de lugar; y entre las medidas administrativas puede estar el uso de orejeras y tapones para los oídos, para aislar del ruido el sistema auditivo del operario; al respecto, lo conveniente es que estas medidas formen parte de las instrucciones de trabajo y que sea una condición para su desarrollo.

El máximo nivel de ruido, el cual se mide en decibeles (dB), al que puede estar expuesto un trabajador durante 8 horas es de 90 dB; durante 4 horas, 95 dB; durante 2 horas, 100 dB; durante 1 hora, 105 dB; durante media hora, 110 dB; y de 115 dB durante un cuarto de hora; no se permiten más de 115 dB.

- *La contaminación del ambiente de trabajo.-* Al efectuar las tareas en el proceso de producción el operario está expuesto a una serie de sustancias contaminantes, las cuales podrían provocar alteraciones en la estructura y función de los organismos expuestos; dichas alteraciones podrían presentarse como mareos, náuseas, irritación en los ojos y en la piel, entre otras, ocasionando una baja en el nivel de productividad del operario en el corto plazo y problemas de salud o enfermedades ocupacionales en el mediano o largo plazos, debido a que dentro del cuerpo las sustancias atacan a distintos órganos, a pesar de que el hombre puede eliminarlas a través de la orina, las heces, el sudor y el aire expirado. Por ello, es importante efectuar periódicamente mediciones de la concentración de contaminantes en cada zona de trabajo.

  Se podría reducir la exposición a estas sustancias si se aplican medidas de ingeniería y administrativas en los procesos, como utilizar un material menos perjudicial, aislar el proceso o estación, mejorar la ventilación, desarrollar una buena limpieza, disminuir las horas de exposición y usar un equipo protector personal.

  Es importante que para cada operación del proceso productivo se identifiquen cuidadosamente cada una de las fuentes de residuos, para no generar una contaminación ambiental mayor. Esto se podría lograr mediante un control de inventario y un reconocimiento de los potenciales contaminantes contenidos en las materias primas adquiridas o por medio de un análisis del proceso. Entre los tipos específicos de contaminantes que se tomarían en

Es importante efectuar periódicamente mediciones de la concentración de contaminantes en cada zona de trabajo.

consideración en una industria textil se encuentran el DBO, la acidez, la alcalinidad, el PH, los metales y las emisiones al aire.

Es recomendable la aplicación de tecnologías apropiadas y limpias para la prevención y el control de riesgos en el trabajo. Además, se deben crear las condiciones más adecuadas para los trabajadores, lo que implica reducir su carga física; mejorar la postura, facilitando la manipulación de palancas y mandos; aliviar las funciones psicosensoriales en la lectura de dispositivos y reducir el esfuerzo de ciertos movimientos.

El ambiente de trabajo incide en el comportamiento, el rendimiento y la motivación del operario, ya que afecta directamente su salud y desempeño.

En cualquier tipo de distribución debe considerarse la seguridad de los trabajadores y empleados. Entre las consideraciones que se deben tomar en cuenta están las siguientes:

El ambiente de trabajo incide en el comportamiento, el rendimiento y la motivación del operario, ya que afecta directamente su salud y desempeño.

- Piso libre de obstrucciones (materiales en espera, equipos de acarreo, montículos de basura), asimismo, sin sustancias que puedan hacer resbalar (líquidos).
- Ningún trabajador debe estar ubicado debajo o encima de alguna zona peligrosa.
- Accesos adecuados y salidas de emergencia bien señalizadas.
- Elementos de primeros auxilios y extintores de fuego cercanos.
- Zonas de seguridad señalizadas ante posible sismo.
- Puertas de emergencia accesibles.
- Materiales apilados de manera segura.
- Herramientas debidamente colocadas.
- Ventanas y reflectores de luz limpios.
- Eliminación adecuada de recortes, desechos y materiales sobrantes.

2.2 Necesidades de mano de obra

De acuerdo con el tipo de distribución de planta se podrían determinar los requerimientos de mano de obra en la siguiente forma:

En los casos en los cuales el operador debe realizar actividades simultáneas al funcionamiento de la máquina, el cálculo del número de trabajadores debe hacerse analizando el trabajo coordinado hombre-máquina y determinando el tiempo del ciclo de producción.

Posición fija	→	poca o ninguna especialización
Distribución por proceso	→	especialización por tipo de proceso (operación)
Distribución en cadena	→	especialización por tarea

El salario y la calificación de los trabajadores deben tenerse en cuenta en la reasignación a nuevas áreas de trabajo para cubrir las necesidades de mano de obra.

Para el cálculo del número de trabajadores necesarios, los datos fundamentales son:

- Tiempo estándar (en horas hombre) por unidad de producción.
- Requerimientos de producción por periodo.
- Horas-hombre disponibles por periodo.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$N = \frac{\text{requerimientos de HH por periodo}}{\text{horas disponibles por periodo}}$$

Donde:

$$\text{Requerimientos de HH por periodo} = \text{HH por unidad de producción} \times \text{Requerimiento de producción por periodo}$$

2.3 Óptima utilización del trabajo del hombre

La óptima utilización del trabajo está basada en un buen diseño del sistema laboral. Esto se logra mediante un estudio del método de trabajo, aplicando las técnicas de registro (diagrama hombre-máquina y diagrama bimanual), para poder analizar y plantear el método apropiado y aprovechar en forma óptima las horas hombre disponibles; así se logrará que las tareas no generen contenidos de trabajo suplementario (adicional). Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para complementar esta información es necesario efectuar un estudio de la medición del trabajo, determinando el tiempo estándar de cada tarea y balanceando la línea de producción, distribuyendo al personal requerido.
- Para determinar el tiempo estándar de la tarea es necesario conocer los tiempos de cada movimiento involucrado para su ejecución; estos se obtienen aplicando en los puestos de trabajo las técnicas de la medición, tales como el cronometraje industrial, los datos estándar y el muestreo del trabajo.
- La técnica del cronometraje industrial registra valores de tiempo, de métodos existentes y ritmos de trabajo, para determinar el tiempo normal y, aplicando los suplementos correspondientes a la tarea, fijar un tiempo estándar.
- Para determinar el tiempo de ejecución de la tarea para elaborar un nuevo modelo de producto, que implica movimientos similares a antiguos modelos, lo más oportuno sería calcular el tiempo estándar bajo la técnica de datos estándar, tomando en consideración los tiempos estándares de estos otros modelos.
- Una técnica muy sencilla de aplicar y que se adapta al sector servicios es el muestreo del trabajo, que mediante muestreo estadístico y observaciones aleatorias analiza el trabajo para establecer estándares, evaluando la productividad.
- Existen muchas formas de motivar a los trabajadores. Una de ellas consiste en otorgarles incentivos salariales; el método consiste en vincular directamente los ingresos de los trabajadores con determinada medida de su rendimiento. Existe evidencia de que la remuneración puede ser un incentivo muy poderoso; diversos estudios han demostrado que la productividad aumenta entre un 15% y un 35% cuando se ponen a funcionar sistemas de incentivos.

Las técnicas de medición del trabajo nos brindarán información importante para optimizar las actividades de los operarios.

- Existen diferentes sistemas de incentivos salariales que se pueden adaptar a las circunstancias de la empresa. Los más conocidos son los incentivos en los que la remuneración varía en la misma proporción que el rendimiento del trabajador, tales como sistema de pago por pieza (destajo) y sistema de hora estándar.

Ejemplo 1

Determinar el número de hombres requeridos para una operación "X", sabiendo que se trabajan seis días a la semana en un turno de 8 horas, considerando media hora de refrigerio. Se ha calculado, además, que las HH por pieza es 0,062 y los requerimientos de producción por semana es de 4.750 piezas.

Solución

Aplicando la fórmula, tenemos:

$$N = \frac{0{,}062 \dfrac{\text{H-M}}{\text{pieza}} \times 4.750 \dfrac{\text{piezas}}{\text{semana}}}{(8 - 0{,}5) \dfrac{\text{H-M}}{\text{día}} \times 6 \dfrac{6\,\text{días}}{\text{semana}}} = 6{,}5 \approx 7\,\text{hombres}$$

Conclusión

El número de hombres requerido será 7.

Ejemplo 2

Determinar el número de hombres requeridos para la operación de remallado de pantalones en un taller de confecciones; si el plan maestro de producción para este mes es de 720 pantalones por semana, el tiempo estándar por operario para remallar un pantalón es de 5 minutos con 86% de eficiencia (E). El taller trabaja de lunes a sábado, desde las 9.00 horas hasta las 17.00 horas.

Solución

Ordenando los datos, tenemos:

$$P = \text{producción requerida} = 720 \frac{\text{pantalones}}{\text{semana}}$$

$$T = \text{tiempo estándar} = 5 \frac{\text{minutos}}{\text{pantalón}}$$

$$H = \text{tiempo disponible} = 6 \frac{\text{días}}{\text{semana}} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 48 \frac{\text{horas}}{\text{semana}}$$

$$D = \text{eficiencia del trabajador} = 0{,}86$$

Aplicando la fórmula, tenemos:

$$N = \frac{720 \times 5 \times 1/60}{48 \times 0{,}86} = 1{,}45 \quad 2 \text{ operarios}$$

Conclusión

El número de operarios requeridos será 2.

Ejemplo 3

Una empresa dedicada a la elaboración de calzado desea determinar el número de operarios requeridos para la operación de corte.
De acuerdo con el estudio de tiempos se tienen los siguientes tiempos estándar por elemento que conforma la tarea:

Elemento	T.S.(min/docena)
a) Cortar a troquel cuero	30
b) Cortar a troquel forro	18,46
c) Control e inspección	16

La demanda que se debe cubrir es de 204 pares/día, trabajando en un turno de 8 horas por día durante 5 días a la semana, considerando media hora de refrigerio.

Solución:

- Sumando los tiempos estándar de cada elemento, tendremos el tiempo estándar de la operación de corte, siendo 64,46 min/docena, aproximadamente 10,74 min/par
- Los requerimientos de minutos/hombre por periodo

$$\text{Requerimientos de minutos /hombre por periodo} = \text{Tiempo estándar} \ \text{x} \ \text{Producción por periodo}$$

$$= 10,74\,\frac{\text{min}}{\text{par}} * 204\,\frac{\text{pares}}{\text{día}} = 2.191,63\,\frac{\text{min}}{\text{día}}$$

$$N = \frac{\text{Requerimientos min/hombre por periodo}}{\text{Horas disponibles}} = \frac{2191,63\ \text{min-hombre/día}}{7,5\,\frac{\text{horas}}{\text{día}} * 60\,\frac{\text{min}}{\text{hora}}} = 4,87 \approx 5\ \text{operarios}$$

Conclusión

Se requerirán 5 operarios.

Ejemplo 4

La sección de envasado y embalaje debe determinar el número de operarios para encajonar 2.000 unidades en pares por caja durante el día.

Dicha tarea comprende los siguientes elementos:

Elemento	Tiempo estándar (min./docena)
Armar caja e inspeccionar	26,85
Colocar sticker	1,84
Encajar	11,42
Amarrar lote	2,79

Al efectuar el elemento armar caja se ha determinado que el 5% de cajas estaban falladas.

El horario de trabajo es de lunes a viernes de 8am a 5pm (media hora de refrigerio).

Solución:

Considerando que el 5% de cajas están falladas, se requerirán armar 1.053 cajas, para luego tener amarradas por lote las 1.000 cajas por día.

Requerimientos de horas por día:

- Elemento 1

$$\frac{26{,}85 \text{ min}}{\text{docena}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 0{,}4475 \frac{\text{horas}}{\text{docena}} \times 87{,}75 \frac{\text{docenas caja}}{\text{día}}$$

$$= 39{,}27 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

- Elemento 2, 3 y 4

$$16{,}05 \frac{\text{min}}{\text{docena}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 0{,}2675 \frac{\text{horas}}{\text{docena}} \times 83{,}33 \frac{\text{docenas caja}}{\text{día}}$$

$$= 22{,}29 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

$$N = \frac{61{,}56 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \text{ x operario}}{8{,}5 \frac{\text{horas}}{\text{día}}} = 7{,}242 \approx 8 \text{ operarios}$$

Conclusión

Se requerirán 8 operarios.

Problemas propuestos

1. Una empresa piensa redistribuir todas sus instalaciones y está evaluando sus necesidades de trabajadores para la fabricación de poleas, si se requiere un trabajador por máquina.

El pronóstico de ventas de dicho artículo es de 9.000 poleas a la semana para el próximo año.

El factor promedio de utilización para las máquinas es de 85% en el horario de lunes a viernes de 8 a.m. a 5 p.m. Se tiene la siguiente información:

Operación	**Máquina utilizada**	**Producción estándar PZA/HR**	**% de defectuosos**
Maquinar el centro	Torno revólver	667	3
Hacer brida	Troqueladora	480	5
Perforar y roscar	Taladro de presión	240	2
Montar brida	Prensa para ejes	600	1
Soldar bridas	Soldador de ptos. peq.	300	3
Soldar bridas al centro	Soldador ptos. grandes	350	5
Escariar y biselar	Taladro de presión	300	2
Limar bridas	Torno pulidor	200	-
Inspeccionar	Inspección manual	400	-
Insertar tornillo opresor	Operación manual	1.200	-

Calcule el número de trabajadores requeridos para la atención de las maquinarias y para las operaciones manuales.

2. Un fabricante de prendas de vestir para bebés debe decidir sobre la adquisición de máquinas, debido a que se lanzará para el siguiente año un nuevo producto de 7.000 prendas/mes. La línea de producción para dicho producto, definido por el jefe de producción en base a su experiencia, será la siguiente:

Operación	**Unidades de productos**	**Requerimiento**
Cosido de espalda y delantera	$\frac{8\,min}{u}$	Remalladora
Cosido de (2) bolsillos	$\frac{1\,bolsillo}{1\,min}$	Costurera recta
Cosido de hombros	$\frac{95\,seg}{u}$	Remalladora
Colocado del cuello	$\frac{65\,seg}{u}$	Collaretera
Pegado de broches(5)	$\frac{2\,broches}{30\,seg}$	Brochera
Acabado y limpieza	$\frac{24\,u}{1\,hora}$	Manual
Embolsado	$\frac{70\,u}{día}$	Manual

Se sabe que al colocar broches en la tela seleccionada, siempre se presenta un 7% de productos defectuosos, los cuales se separan de la producción debido al mal acabado que tiene la prenda con los broches.

La empresa labora en un solo turno de 7,5 horas efectivas, 4.3 semanas al mes de lunes a viernes.

a) Determine el número de operarios para cumplir con el pedido.

Capítulo

8 *Factor movimiento*

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- *Principio de manejo de materiales*
- *Análisis de los métodos de manejo*
- *Unidad de carga*
- *Selección del equipo de acarreo*
- *Equipo de trayectoria fija*
- *Equipo móvil*

El manejo de los materiales es parte integral de la disposición de la planta; no es posible separarlo. Un cambio en el sistema modificará la disposición actual.

En este capítulo se enfatiza la importancia de evaluar los movimientos y seleccionar los equipos de acarreo para minimizar los costos de producción y mejorar los tiempos de producción.

El manejo de materiales toma en consideración el movimiento que se efectúa desde que se reciben los materiales, durante su proceso de fabricación, hasta la red de distribución. Si se llevan a cabo ineficientemente estas actividades, se estaría incrementando el costo del producto, ocupando un exceso del área de la planta y del almacén, y retrasando la entrega del producto terminado al cliente.

Las actividades involucradas en el manejo de materiales varían de acuerdo con el proceso de producción que se está realizando y con las características del material que se moverá de una estación a otra, pero estas actividades no cambian las formas o características de los productos ni le añaden valor.

Las actividades y equipos en el manejo de materiales varían de acuerdo con el proceso de producción que se está realizando y con las características del material que se trasladará.

Estas actividades se pueden presentar cuando:

- El material se recibe para ingresar a los almacenes.
- El material es colocado en los estantes o armarios correspondientes.
- El material va de una estación a otra durante el proceso productivo.
- El producto acabado se distribuye para su venta.

El objetivo del manejo de materiales es eliminar el acarreo innecesario y poco económico y disminuir el tiempo que se dedica al acarreo de material, brindando mejores condiciones de trabajo.

Si no es posible lograr dicho objetivo para los movimientos en toda la planta, se deberá hacer, en lo posible, para una parte del proceso o para cierto grupo de piezas o productos terminados, o para el movimiento de un departamento a otro.

Un sistema de manejo de materiales involucra la tecnología empleada para moverlos, almacenarlos y distribuirlos, y comprende además las actividades complementarias y el personal asignado para dichas acciones.

1. Principio de manejo de materiales

Para lograr un buen movimiento de los materiales un ingeniero industrial deberá considerar los siguientes principios:

- *Principio de sistemas*.- Integrar el manejo y las actividades de almacenamiento que son económicamente viables en un sistema coordinado de operación, incluyendo recepción, inspección, almacenamiento, producción, ensamble, empaque, embarque y transporte.
- *Principio de carga unitaria*.- Manejar el producto en una carga unitaria tan grande como sea posible y manejarla sobre el mismo elemento.
- *Principio de aprovechamiento de espacio*.- Aprovechar todo el espacio cúbico teniendo siempre en cuenta que los materiales se muevan entre las distancias más cortas.
- *Principio de estandarización*.- Estandarizar métodos y equipo de manejo siempre que sea posible, coordinando los movimientos con el proceso productivo.
- *Principio ergonómico*.- Reconocer capacidades y limitaciones humanas mediante el diseño de equipo y procedimientos de manejo de material para la interacción efectiva con quienes usan el sistema.
- *Principio de energía*.- Incluir el consumo de energía de los sistemas y procedimientos de manejo de material al comparar o preparar las justificaciones económicas.
- *Principio de mecanización*.- Mecanizar los procesos de manejo cuando sea posible, e incrementar la eficiencia y la economía en el manejo de materiales.
- *Principio de flexibilidad*.- Usar métodos y equipo que puedan realizar varias tareas en distintas condiciones de operación.
- *Principio de simplificación*.- Simplificar el manejo por reducción, combinación de movimientos o eliminación del equipo innecesario, desarrollando siempre los movimientos hacia la terminación del producto.
- *Principio de costo*.- Comparar la justificación económica de las soluciones opcionales en equipo y métodos con base en la efectividad económica medida por gasto por unidad manejada.
- *Principio de mantenimiento*.- Preparar un plan para mantenimiento preventivo y reparaciones programadas para todo el equipo de manejo de material.
- *Principio de seguridad*.- Proporcionar equipo y métodos seguros de manejo de material, que se ciñan a los códigos y reglamentos de seguridad existentes, además de la experiencia lograda.

2. Análisis de los métodos de manejo

Cualquier consideración del movimiento y acarreo de materiales involucra, en primer lugar, un estudio de métodos y tiempos, donde se determinan las distancias recorridas, el flujo del proceso, los esfuerzos ocasionados por el levantamiento de carga por parte de los operarios, así como los métodos utilizados y sus tiempos.

Además, un estudio de disposición de planta, mediante planos a escala, muestra la posición relativa de la maquinaria y equipo para lograr su mejor disposición, acortando las distancias y disminuyendo así los costos de acarreo de materiales.

En el análisis de los métodos de manejo se deben tener en cuenta factores primarios y secundarios:

- Factores primarios:
  - Material adecuadamente identificado.
  - Especificaciones y condición del material.
  - Cantidad.
  - Ruta o puntos extremos del movimiento.
- Factores secundarios:
  - Recipientes necesarios o disponibles.
  - Equipo necesario o disponible.
  - Condición de la ruta o rutas alternativas.
  - Frecuencia, regularidad o requerimientos de sincronización de cada traslado.
  - Requerimiento de velocidad.
  - Tiempo involucrado en mano de obra y equipo.
  - Tarifas laborales.
  - Restricciones en el trabajo por convenios, reglas o descripciones del trabajo.
  - Cargas del equipo y espacio.

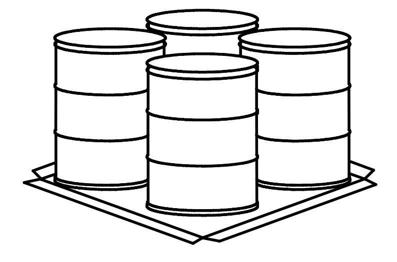
El propósito de un análisis de los métodos de manejo es encontrar, mediante la generación de alternativas propuestas, el diseño de un sistema de acarreo eficiente, flexible y versátil.

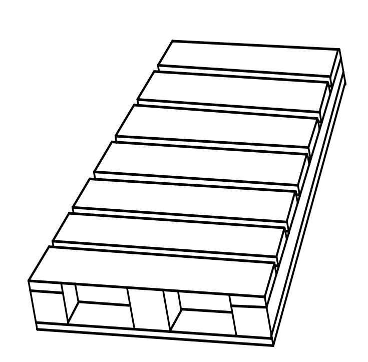
El procedimiento general para el estudio involucra seis etapas, las cuales se nombran a continuación:

- Formar equipos de trabajo para llevar a cabo el estudio.
- Registrar, tomando información sobre los procesos productivos a través de los diagramas del estudio de métodos (DOP, DAP, DR). Además se puede llevar a cabo un registro técnico de los equipos de acarreo.
- Examinar, teniendo como base las descripciones anteriores y los diagramas correspondientes, detectando las causas para eliminarlas, hasta lograr un sistema eficiente de acarreo de materiales. Para ello se puede utilizar la técnica del interrogatorio.
- Desarrollar, de acuerdo con el examen crítico realizado en la etapa anterior, ideas apropiadas como posibles soluciones a los problemas encontrados, para ser evaluadas y proponer lo mejor.

- Seleccionar los equipos de acarreo que mejor respondan a las necesidades de transporte.
- Implementar la propuesta y verificar su adecuado funcionamiento.

Lo importante es reducir o simplificar el movimiento, combinar actividades y mecanizar o automatizar el sistema de acarreo.


Hojas para arrastre


Tarima de madera

3. Unidad de carga

Uno de los principios del manejo de materiales recomienda manejar los materiales en cargas unitarias, siendo una unidad de carga la cantidad de material reunido y suficientemente asegurado para permitir que sea transportado como una unidad.

La unidad de carga facilita el control de inventarios, el costo de transporte, el apilamiento de los materiales, entre otros.

El tamaño de carga facilita la elección de la unidad de carga y de los métodos de acarreo, así como el uso de contenedores y del equipo para el transporte.

Entre el equipo accesorio para el uso de contenedores podemos citar: tarimas, cajas, baldes, cilindros, etc.

Material	Unidad de carga		Punto de Inicio	Punto de Llegada
	Contenedor	Peso (kg)		
Caucho natural	Parihuelas	1 100	Almacén MP	Bambury
Caucho sintético	Parihuelas	950	Almacén MP	Bambury
Pigmentos	Parihuelas	150	Almacén MP	Bambury
Negro de humo	Parihuelas	2000	Almacén MP	Bambury
Nylon 6.6	Rollos	450	Almacén MP	Calandria
Acero	Rollos	150	Depósitos en planta	Formadora
Láminas	Parihuelas	1000	Bambury	Tubuladora, formadora y calandria
Aros	Estantes	50	Formadora	Construcción llantas
Rollos calandrados	Rollos	1200	Calandria	Cortadora
Pliegos cortados	Rollos	50	Cortadora	Construcción

4. Selección del equipo de acarreo

Cuando el movimiento de los materiales deja de ser eficiente por métodos manuales, se hace necesario el uso de otras alternativas más eficientes, como equipo mecánico, mecánico asistido por computadoras, automatizado o automático.

En la selección de estos equipos se debe tomar en cuenta:

- Costo del equipo.
- Costo de funcionamiento.
- Costo de mantenimiento.
- Capacidad.

Entre los factores de uso para la selección tenemos:

Uso de transportadores

- Cuando las unidades de carga son uniformes.
- Cuando los materiales se mueven o pueden moverse continuamente.
- Cuando el número de movimientos, las cargas unitarias y la situación de la ruta no parecen susceptibles de variar.
- Cuando el tráfico perpendicular puede ser atravesado por el transportador.

Uso de grúas

- Para movimientos intermitentes dentro de un área fijada.
- Donde los materiales son de peso o tamaño variable.
- Para el movimiento de materiales, sin tener que preocuparse por el cruce de tráfico en el suelo, ni por la variación de la carga.

Uso de vehículos industriales (carretillas, montacargas, camiones, etc.)

- Cuando los materiales deben ser recogidos y movidos intermitentemente sobre diversas rutas.
- Cuando los materiales sean de peso y tamaño variado o de tamaño uniforme.
- Donde las distancias sean moderadas.
- Donde exista tráfico cruzado.
- Donde existan áreas y espacios despejados.
- Cuando la operación sea principalmente de manejo.
- Cuando sean utilizables las cargas unitarias.

5. Equipo de trayectoria fija

Estos equipos suelen formar una parte fija de la planta física, por ello es importante determinar su ubicación mediante un estudio de disposición de planta, porque cambiarla de lugar posteriormente tomaría tiempo, provocaría interrupciones en los procesos de producción y generaría costos no planeados. Los equipos están conformados por transportadores de diversos tipos, que son utilizados preferentemente para el manipuleo de bienes de gran volumen, con un flujo constante a lo largo de una ruta fija. Hay transportadores simples, con cadena, grúas, elevadores y transportadores especiales.

5.1 Transportadores simples

Entre los transportadores simples se pueden mencionar los siguientes:

- *Tobogán*.- Son dispositivos de trayectoria fija, sencillos, que utilizan la gravedad para mover materiales a granel o cargas unitarias en pendientes descendentes. Hay de dos tipos: rectos y en espiral.
- *Transportadores de gravedad con ruedas*.- Consisten en ruedas de acero estampado, montado en los costados verticales de dos entramados de hierro en ángulo, que están soldadas con un intervalo entre ellas para proporcionar el ancho deseado.
- *Transportadores de rodillos activos*.- En estos, las secciones son accionadas muchas veces por fuerza motriz. A veces se coloca debajo de los rodillos soportadores, una correa plana o redondeada que se mantiene apoyada contra ellos por medio de rodillos de presión o retención, situados entre los soportadores. La correa es impulsada por un motor y transmite su movimiento a los rodillos, que hacen avanzar los paquetes.
- *Transportadores de banda plana*.- Se utilizan para clasificar materiales para trabajos ligeros de montaje y para manipular cierta mercancía a granel, como sal, arena, etc.
- *Transportadores de banda cóncava*.- En este tipo de transportadores la banda se mueve sobre rodillos de perfil curvo que la hacen tomar una forma cóncava. Constituyen quizá el sistema más económico para distribuir o recoger materiales a granel, debido a su elevada capacidad, su bajo costo de explotación y la facilidad con que se cargan y se descargan.

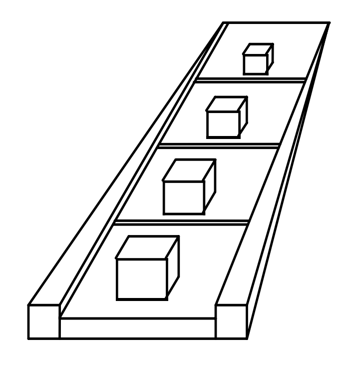
Los equipos de trayectoria fija son dependientes en su trayectoria de movimiento para proveer de materiales a las estaciones.

5.2 Transportadores con cadena

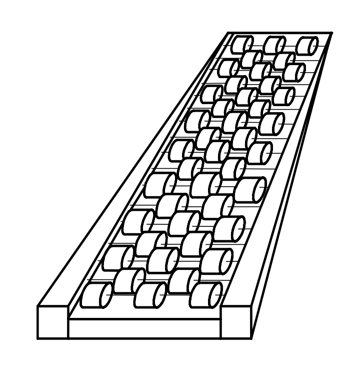
Los transportadores de superficie con cadena se utilizan para mover paquetes a lo largo de dos vías corredizas. Dentro de este tipo podemos encontrar:

- *Transportadores de listones*.- Consisten en listones de acero o madera unidos en sus extremos a dos ramales de cadena, que se deslizan sobre carriles paralelos de acero, formando así una plataforma continua móvil, la cual puede ser: horizontal, inclinada o una combinación de ambas.
- *Transportadores de placas, delantales o mandiles*.- Constituye una modificación del transporte de listones, en el cual estos se solapan o recubren, formando un lecho continuo móvil. Por lo general las placas están dobladas en los bordes para formar un cauce continuo móvil con juntas herméticas y sin fugas.
- *Transportadores de tela metálica*.- Son análogos a los de las placas, con la diferencia de que el lecho móvil lo constituye una banda continua de tela metálica entre dos ramales de cadena continua, en lugar de placas.

- *Transportadores de arrastre por cadena*.- Son el tipo más sencillo de los transportadores de cadena, que consisten en un solo ramal de cadena que se desliza sobre un carril de acero y sirve como portador del objeto que se quiere trasladar.
- *Transportadores de cadena con eslabón giratorio*.- Consisten en dos ramales de cadenas con movimientos sincronizados en guías montadas sobre soportes que arrancan del suelo para proveer los medios de transporte.
- *Transportadores del tipo camillas*.- En las funciones se utilizan camillas fijas sobre una cadena de arrastre para mover las cajas de moldeo desde el taller de moldeado hasta el de vaciado, para sacudir las cajas vacías.
- *Transportadores de rodillos volantes*.- Consisten en dos ramales de cadena que se mueven en un carril con una serie de rodillos cilíndricos montados entre las cadenas en diversos ejes, de manera que formen un lecho viajero continuo.
- *Transportadores de barras transversales*.- Consisten en dos ramales de cadena con barras transversales montadas entre las cadenas a intervalos regulares, que se mueven por encima de un lecho fijo, de modo que quedan detrás de un objeto, como un paquete o una caja, y lo empujan horizontalmente o hacia arriba por una rampa.
- *Transportadores de cadena o troles*.- Conocido también como "transportador monorriel de cadena", consiste en una vía elevada monorriel sin fin, debajo de la cual se mueve una cadena sin fin conectada a troles (carritos que corren sobre el riel a manera de troles) a intervalos regulares.



Transportador de barras de empuje



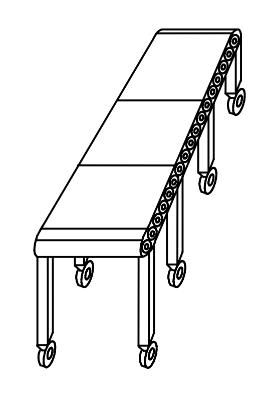
Transportador de polines

5.3 Grúas

Las grúas se caracterizan porque tienen la capacidad exclusiva de levantar y mover la carga desde arriba, hecho que las hace indispensables en las operaciones de almacenamiento.

Entre los tipos de grúas se cuentan:

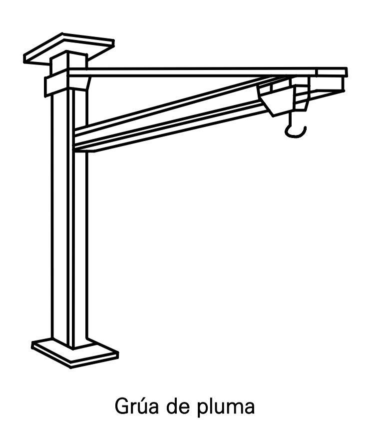
- *Grúas de pescante*.- Son las más sencillas y consisten en una barra recta o una viga horizontal, sobre la cual puede deslizarse un trole con un polipasto. Está soportada por un mástil giratorio o una columna con pivotes en sus dos extremos que descansan sobre bloques o cojinetes.
- *Puentes guías*.- Dentro de este tipo existen dos modelos: los movidos a mano y los eléctricos. En ambos casos las grúas tienen un puente montado sobre "bogies" (*trucks*) provistos de ruedas, los cuales se mueven sobre carriles paralelos elevados, soportados por columnas del edificio o por montantes estructurales. Sobre este puente, y en sentido transversal, se mueve un trole o carro sobre ruedas pequeñas que corre sobre vías o sobre pesta-



Faja transportadora

ñas de una viga horizontal, que lleva un mecanismo elevador que acciona un cable o cadena para levantar y bajar cargas.

- *Grúas de pórtico*.- En este tipo de grúas, el puente se monta sobre caballetes móviles con "bogies" (*trucks*) y el conjunto se mueve sobre carriles ordinarios de ferrocarril dispuestos sobre el suelo.
- *Grúas cantilever*.- Constituidas por varios tipos de grúas, entre las que cabe destacar la "grúa en cabeza de martillo", la cual consiste en una estructura giratoria voladiza montada sobre sus cimientos, aunque a veces es montada sobre "bogies" y se mueve sobre carriles. Se utiliza en los astilleros o para manipular maderas en los grandes espacios de almacenamiento.



Grúa de pluma

- *Grúas locomotoras*.- Estas llevan largos pescantes o plumas que en algunos casos llegan a tener hasta 52 metros de longitud; algunas de ellas van montadas sobre "bogies" de ferrocarril para moverse sobre vías de ancho estándar, otras funcionan sobre montaje de orugas y pueden moverse en todo sentido.
- *Gato con ruedas*: *sistema del patín activo*.- Es similar al sistema de carretilla elevadora de mano con plataforma de patines, con la diferencia de que la de plataforma tiene dos ruedas en un extremo y un enganche en el otro. En este, se introduce un gato montado sobre ruedas debajo del extremo que tiene patines hasta acoplarlo al enganche, para levantar el extremo de la plataforma; luego se lleva la carga hasta el punto deseado, obteniéndose así la unidad móvil de manipulación de cuatro ruedas.

5.4 Elevadores

Hay equipos elevadores (manuales o eléctricos) de los siguientes tipos:

- *Elevadores de brazo*.- Constituyen el aparato más sencillo para levantar o bajar paquetes en ángulos muy pendientes o verticales. Se fabrican con dos ramales de cadena, con brazos o salientes a intervalos determinados.
- *Elevadores verticales de listones y de banda*.- Consisten en dos unidades de elevadores continuos de listones enfrentados verticalmente a la distancia de separación deseada, con un entramado apropiado para mantenerlas paralelas.
- *Elevadores de movimiento alternativo*.- Se da este nombre a los elevadores provistos de un aparato elevador eléctrico que levanta o baja una plataforma o vagoneta equilibrada con un contrapeso, siguiendo guías adecuadas, por medio de una cadena o un cable que pasa sobre una rueda dentada o una polea.
- *Elevadores de cangilones*.- Son los elevadores compuestos por una serie de cangilones de acero montados y arrastrados por una o dos cadenas o bandas, todo ello encerrado en una caja de lámina de acero. Se utiliza prácticamente cualquier material a granel.

- *Elevador intermitente de un solo cangilón*.- Consiste en un cangilón grande de lámina de acero provisto de ruedas con pestañas que corren sobre guías verticales o inclinadas de acero en U o sobre carriles en T.

5.5 Transportadores especiales

Los transportadores especiales son variantes de los sistemas de manipulación estándar, algunos de los cuales son exclusivos de ciertas industrias.

- *Transportadores de tornillo sin fin*.- Consisten en un eje macizo o hueco sobre el cual se ha enrollado una aleta de forma de espiral, cuya rotación hace que el material se desplace horizontalmente en una artesa o sobre un lecho del mismo material.

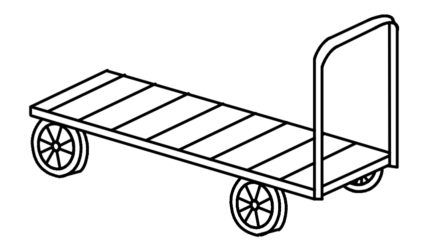
Los equipos móviles son independientes en su trayectoria de movimiento para proveer de materiales a las estaciones y pueden ser aprovechados en diferentes ocasiones.

6. Equipo móvil

Está constituido por equipos que para poder moverse dependen, en esencia, de su propia fuente de potencia y son independientes en su trayectoria de movimiento.

Las consideraciones generales que sirven para establecer los requisitos de este equipo son:

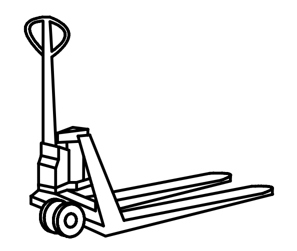
- Condiciones y tamaño de la carga unitaria, así como los centros de carga.
- Terreno, condiciones ambientales y ancho de los pasillos en las áreas de movimiento.
- Longitud, tipo y frecuencia de los movimientos.
- Requisitos de colocación de cargas.
- Ahorro en la operación y mantenimiento de los equipos.
- Estandarización del equipo.
- Naturaleza crítica de la operación realizada.
- Tienen la facilidad de brindar a la planta flexibilidad en el acarreo, a un bajo costo.



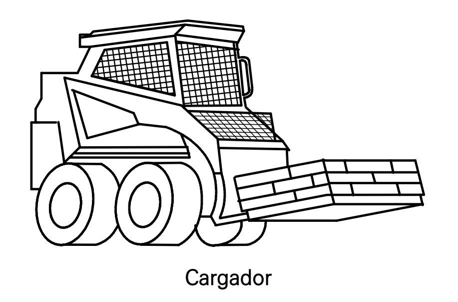
Carro de transporte

Entre este tipo de equipos se encuentran:

- *Carretillas*.- Carros pequeños de mano con una o más ruedas para el transporte de carga, que el operario tira o empuja. Su sencillez básica permite que se adapte con toda facilidad en aplicaciones de un solo uso.
- *Carretillas hidráulicas para tarimas*.- Estas carretillas suelen utilizar horquillas para elevar tarimas y recorrer distancias mayores con cargas pesadas. Pueden estar equipadas con un sistema elevador hidráulico de acción manual parecido a una “gata” o con un sistema de pedales para elevar la tarima cargada.



Carretilla hidráulica


Cargador

- *Montacargas motorizados*.- De acuerdo con su diseño pueden funcionar en diversidad de terrenos, su velocidad oscila entre 7 y 14 kilómetros por hora, y su potencia proviene de motores de combustión interna o de motores eléctricos. Es importante tomar en consideración el ancho de los pasillos de los almacenes para la selección de este equipo. Las capacidades de los montacargas más usuales varían desde 450 kilogramos hasta 18 mil kilogramos. Los tipos de montacargas pueden ser contrabalanceados, de caballete, de carga lateral, de conductor a pie, entre otros.
- *Camiones.*- Son vehículos de transporte con plataforma, donde se deposita la carga. Se mueven gracias a una fuerza motriz.

Problemas propuestos

1. Recomiende un equipo de acarreo para cada uno de estos casos:

1. Para realizar movimientos verticales en la industria del cemento.
2. Para poder mezclar y transportar cereales en sentido horizontal en la industria de alimentos
3. Para el movimiento de materiales en el mantenimiento de partes del automóvil.
4. Para el transporte a largas distancias de un número limitado de cajas de 0.8 x 0.5 m a bajo costo.
5. Para la entrega al cliente de productos terminados en pallets (parihuelas) en un recorrido de largas distancias.
6. Para el movimiento del operario en un almacén.

2. ¿Qué consideraciones tomará en cuenta para la selección de un equipo de acarreo?

1. Para el transporte de bultos sin el uso de energía.
2. Para retirar *containers* de las embarcaciones navieras.
3. Cuando es necesario realizar el ensamble de algunas partes o piezas durante el transporte.
4. Cuando es necesario realizar movimientos transversales, verticales y longitudinales.

Capítulo

9 *Factor edificio*

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- Estudio de suelos
- Niveles y pisos de la edificación
- Vías de circulación
- Puertas de acceso y salidas
- Techos
- Ventanas
- Ascensores
- Anclajes de maquinarias
- Áreas para almacenamiento

Al construir una planta se deberán tener en cuenta ciertos requerimientos mínimos para conseguir un lugar seguro y agradable donde trabajar. En este capítulo ponemos al alcance del ingeniero industrial algunos criterios para instalar puertas, ventanas, escaleras, ascensores, entre otros.

Cuando se hace un estudio de las edificaciones de la planta de una empresa, el objetivo es que estas no interfieran en los procesos de producción, y que, más bien, contribuyan al aumento de la productividad.

1. Estudio de suelos

Los tipos de suelos y de rocas son materiales importantes que deben tomarse en cuenta en el diseño de la construcción y funcionamiento de los edificios, debido a que estos materiales influyen, en gran medida, en el diseño de la cimentación, la altura de la edificación, el funcionamiento y la seguridad de cualquier estructura. Por lo tanto, es indispensable que un ingeniero civil determine los parámetros adecuados de diseño y especifique los métodos y procedimientos de construcción.

Los proyectos de edificación industrial requerirán de la elaboración de un estudio de impacto vial, un estudio de impacto ambiental y un estudio de seguridad.

Los suelos existentes se describen como residuales o transportados. Suelo residual es aquel que ha permanecido en su lugar de origen y puede mostrar una estructura remanente de roca. Estos suelos son fuertes y estables.

Los suelos transportados son el producto de la exposición de la roca a la acción de agentes atmosféricos. Algunos depósitos de suelo transportado y la mayoría de los suelos de origen orgánico son suaves e inestables, por lo que pueden provocar serios problemas de cimentación.

Se denomina cimentación al material que se encuentra dentro del terreno propiamente dicho y los muros son los que soportan la estructura, según el tipo de edificación que se construya. Lo más seguro, rápido y económico es cimentar sobre roca.

El objetivo de la cimentación es transmitir al terreno todas las cargas y sobrecargas de un edificio. El terreno cede bajo la presión de una carga, obligando a sus moléculas a que modifiquen sus distancias y posiciones, produciéndose entonces una deformación, la que será menor cuanto mayor sea la cohesión y dureza del terreno.

2. Niveles y pisos de la edificación

Por lo general, los edificios se construyen en forma tal que las áreas que ocupan los ambientes interiores se comuniquen entre sí, reduciendo a un mínimo las interferencias mutuas en lo que toca a luz y ventilación.

Las disposiciones de los edificios son de diversas formas, condicionadas por el proceso de producción o el servicio que se desea brindar. Cuando se planea su distribución inicial se tienen en cuenta las necesidades de las ampliaciones futuras, para que puedan efectuarse dentro de la distribución original.

Es necesario ponderar las ventajas del edificio de un solo nivel, el cual permite una mayor facilidad de expansión, mejor luz y ventilación naturales, mayor flexibilidad en la disposición de la planta, mejor espacio disponible, menores costos de manejo de materiales y fácil movimiento de equipo o maquinaria pesada.

Sin embargo, habrá casos en que por razones topográficas o por limitación de espacio, será necesario construir edificios de varias plantas, que permitan utilizar el flujo por gravedad de los materiales y hacer disposiciones más compactas mediante un arreglo vertical de las áreas de producción.

Si la empresa ya existiera con un número determinado de niveles y fuera necesaria la construcción de nuevos edificios o ampliaciones de los antiguos, se requerirá efectuar un estudio profundo, debido a que estas nuevas instalaciones deben integrarse al conjunto existente.

El piso de la fábrica cumple una doble función; por un lado, es una superficie de trabajo y, por otro, es una zona de tránsito para el movimiento del personal y el acarreo de material; por ello se recomienda que el material del cual esté hecho sea un conjunto homogéneo, llano y liso, sin solución de continuidad; consistente, no resbaladizo ni susceptible de serlo con el uso, y que sea de fácil limpieza. Se debe considerar que están expuestos a maltrato extremo, no solo por el paso de peatones, sino sobre todo por el de vehículos o equipo de acarreo, por el derrame de compuestos químicos, así como por las presiones del funcionamiento de las máquinas.

Entre los materiales básicos para el piso están:

- Cemento.- Material básico para la mayoría de los pisos, que es una losa monolítica a nivel o por encima del nivel del suelo, la cual se coloca y se le da el acabado con otros materiales.
- Concreto simple.- Se usa para el tránsito peatonal o de vehículos pequeños; los materiales empleados son una mezcla de arena gruesa y cemento.
- Concreto armado.- Se usa en el área donde se instala la maquinaria pesada. Los materiales empleados son piedra chancada, arena, fierro y cemento.
- Productos de arcilla, como el ladrillo, la baldosa de cantera y la loseta de cerámica; normalmente se colocan sobre superficies de concreto rugoso y se fijan con mortero de arena gruesa y cemento o simplemente con cemento.

- Madera, como el parqué y los pisos de listones; se emplea en algunos ambientes de la fábrica.
- Metal, aplicado en las superficies de las escaleras así como de las plataformas o pasillos. Estos pisos ofrecen una gran durabilidad, requieren poco mantenimiento y son fáciles de limpiar. El metal empleado puede ser acero, acero galvanizado o aluminio.

Otros materiales empleados son los emparrillados de fibra de vidrio y de plástico y pisos de material elástico y resinoso.

Para diseñar los pisos se debe tener presente el tipo de planta en la cual se van a instalar, tomando en consideración las condiciones relacionadas con los servicios, los factores ambientales, los elementos de la producción y las posibilidades de su buen mantenimiento.

3. Vías de circulación

Las vías de circulación deben estar situadas y calculadas de tal manera que los trabajadores y medios de acarreo puedan utilizarlas fácilmente y con seguridad.

Las edificaciones industriales deben permitir la ejecución de un plan de seguridad mediante la provisión de vías de escape y salidas de emergencia que permitan la evacuación de las instalaciones hacia un área segura.

El cálculo de las dimensiones dependerá del número potencial de usuarios y del tipo de empresa. Por ello el número de personas que circularán determinará el ancho del pasillo o zona de paso, ancho que no será menor de 80 centímetros.

Algunas consideraciones generales para su diseño:

- Los pasillos que tienen un solo sentido desperdician espacio.
- Los pasillos que tengan columnas centrales pueden ser inconvenientes si el espacio a lo largo de la columna no se usa, sin embargo es posible considerar el espacio de la línea de columnas para transportadores y almacenamiento.
- Los pasillos transversales compensan la pérdida de espacio de piso por la reducción de la distancia de viaje.
- Deben evitarse las intersecciones ciegas y, de haber esquinas, no obstruirlas colocando objetos.
- Los pasillos en oficinas diseñados para personas y no para vehículos no necesitan ser rectos.
- Los pasillos en áreas de fabricación o almacén que tienen tráfico vehicular deben ser rectos.
- Los límites de los pasillos, de tres pulgadas de ancho, se deben pintar de blanco o amarillo.
- Los dispensadores de agua u otros objetos no deben estar en los pasillos.

3.1 Pasillos combinados (vehículos y personal)

El pasillo principal de uso general deberá tener 12 pies de ancho.

Si se quieren apilar objetos en el pasillo y no usarlo solo para circulación, entonces, el tipo de vehículo que se utilizará se convierte en el factor determinante del ancho del pasillo.

3.2 Pasillos exclusivos para vehículos

Los pasillos angostos miden de 152,4 cm a 304,8 cm de ancho, a diferencia del ancho convencional que es de 365,76 cm.

Los montacargas con conductor de pie ahorran más espacio de pasillo, pero con el inconveniente de que producen la fatiga del conductor.

3.3 Pasillos y corredores para personas

- Los corredores son pasillos con muros.
- Los corredores deben ser más anchos que los pasillos.
- Para un montacarga de torreta se necesitan pasillos de 182 cm a 183 cm.
- Para un montacarga de mástil oscilante se necesitan pasillos de 152 cm a 183 cm.

Nº personas	Situación	Mínimo	Recomendado
1	Evitar tocar equipo o golpear interruptores	51	61
2	Paso a una persona que permanece de espaldas a la pared	76	91,44
3	Tres personas caminando de frente en igual dirección	152,4	183

Anchos de corredor recomendados para tránsito exclusivo de personas (en centímetros)

3.4 Rampas

Se deben tener las siguientes consideraciones para el diseño de las rampas:

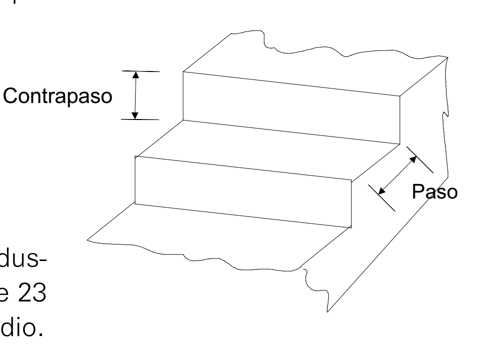
- Las rampas para vehículos expuestas a la lluvia deben tener una franja de placa de metal abrasivo de 24 pulgadas en la huella de cada rueda.
- Las rampas deben tener pasamanos y cuando se usen vehículos pesados requerirán banquetas de refuerzo.
- La inclinación de estas debe ser más o menos de cinco grados.
- No se deben poner escalones en esta pendiente porque son un riesgo para las personas, sobre todo al descender.
- Si se van a empujar carros de mano o montacargas cuesta arriba, se deben poner descansos suficientemente grandes como para que quepa el vehículo, cuando menos a 275 cm de cambio de elevación.
- Las rampas usadas para montacargas, que son empujadas manualmente, deben poseer una franja antiderrapante en el centro de cada rodada.

3.5 Escaleras

Las escaleras exteriores pueden necesitar peldaños (huellas) más anchos que los normales, debido a que en determinadas regiones tienen que soportar el peso de nieve o lluvia.

HE	=	26-2p	$5 < p < 6{,}5$
HI	=	20 1,33p	$6{,}5 < p < 9$
HE	=	huella exterior sin nariz (pulg.)	
p	=	peralte (pulg.)	
HI	=	huella interior sin nariz (pulg.)	

Paso mínimo de 25 cm y contrapaso mínimo de 17,5 cm.



La norma ANSI y OSHA 1910.24 menciona que las escaleras industriales fijas requieren peraltes abiertos cuando la huella es menor de 23 cm; sin embargo, los peraltes abiertos aumentan el riesgo de incendio.

Se especifica que cada huella y el descanso superior deben tener una nariz que se extienda de 1,27 cm a 2,54 cm desde la cara del peralte inferior. La nariz debe estar ligeramente redondeada, sin saliente y con un borde claramente visible; las huellas también pueden tener un diseño antiderrapante. El peralte y la huella deben ser uniformes en toda la extensión de las escaleras.

La norma también recomienda poner pasamanos estándar en los lados abiertos de todas las escaleras expuestas: pasamanos superior de 86,36 cm a 91,44 cm, barandal intermedio de 38 cm a 43 cm de huella.

El ancho mínimo de la escalera debe ser de 70 cm. Se recomienda una anchura mínima de 150 cm para que dos personas pasen cómodamente por la escalera de una planta.

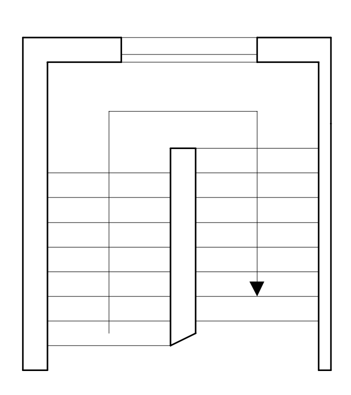
Se recomienda que la longitud mínima del descanso sea igual que el ancho de la escalera.

3.6 Escaleras de mano

Estas deben tener una pendiente de 50º-75º, el ángulo no debe exceder de 90º. El ángulo para una escalera portátil es de 75º. Las hay de dos tipos:

Escalera de barrotes:

- Altura de pasamanos: 91,44 cm
- Huella de escalón: 15,25 cm
- Distancia entre peldaños: 15,25 cm-30,50 cm
- Ancho de plataforma: 18 cm mínimo
- Distancia entre pasamanos: 48,25 cm-61 cm
- Ancho de la escalera 70 cm



Representación gráfica de escaleras en el plano

Escalera de mano:

- Ancho entre peldaños: 48 cm-61 cm
- Separación de peldaños: 25,50 cm-30,50 cm
- Peralte de talón: 15,25 cm mínimo

Las escaleras son fáciles de representar en un plano, siendo una sucesión de rectángulos alargados, de escasa profundidad y todos de

igual tamaño, esquematizando a los peldaños. El gráfico debe incluir una flecha a modo de eje central, que se adaptará a la forma y recorrido, e indicará la dirección de ascenso.

4. Puertas de acceso y salida

Las puertas, así como las ventanas, ofrecen protección contra el clima, regulan la visibilidad y el ruido, dan acceso a los espacios y permiten la evacuación en caso de incendios.

El número de puertas, el lugar en que se ubiquen y los materiales que se utilicen en su fabricación dependerán de la actividad que se realice en dicho ambiente.

Para áreas pequeñas, como son las oficinas privadas, la puerta debe estar en la esquina, para que se abra con un arco de 90º.

Para áreas grandes, donde van a trabajar más de tres personas, la puerta se debe colocar en el centro del muro (abatimiento de 180º).

Una puerta de oficina debe tener 90 cm de ancho o más. Una de 80 cm causa problemas para el paso de escritorios de ese ancho. Una puerta de 70 cm de ancho siempre creará problemas.

Para los servicios sanitarios, se recomiendan puertas de 80 cm de ancho.

La altura mínima entre el piso terminado y el punto más bajo de la estructura de un ambiente para uso de un proceso industrial será de 3.00 metros.

Las puertas exteriores deberán tener un ancho mínimo de 1,2 m si el número de trabajadores durante la jornada no excede de 50; si este fuera mayor, el ancho aumentará en 50 cm por cada 50 trabajadores más. Para las puertas de garaje se recomienda un mínimo de 3 m.

Las empresas con riesgo de incendio deberán disponer, como mínimo, de dos salidas hacia el exterior. Las puertas situadas en las vías de urgencia deberán abrirse, cuando sea necesario, desde el interior.

Por seguridad, las puertas se deben abrir hacia afuera de los edificios y corredores, recomendándose que durante la jornada de trabajo se mantengan cerradas pero sin llave para facilitar la evacuación de los trabajadores en caso necesario.

En áreas de producción debe comprobarse que la puerta sea suficientemente ancha y alta para permitir el paso de vehículos y equipo.

La mayoría de las puertas tienen bisagras por un lado y son sólidas, pero otras no lo son, como las puertas con persianas, las cuales son inconvenientes en general porque dejan pasar el ruido, igualmente las puertas corredizas y plegables tienden a pandearse, por lo que deben usarse como salida de emergencia.

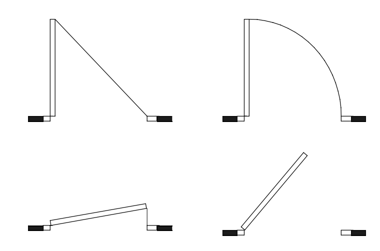
Las puertas de vidrio crudo son peligrosas porque se rompen fácilmente; se recomienda, por tanto, que sean de vidrio templado. Aun así, hay que marcarlas opacando una parte del vidrio o colocando una cinta de color fosforescente de lado a lado para evitar accidentes.

La altura de las puertas comunes no es adecuada para las de montacargas. Se debe comprobar siempre la altura mínima del mástil.

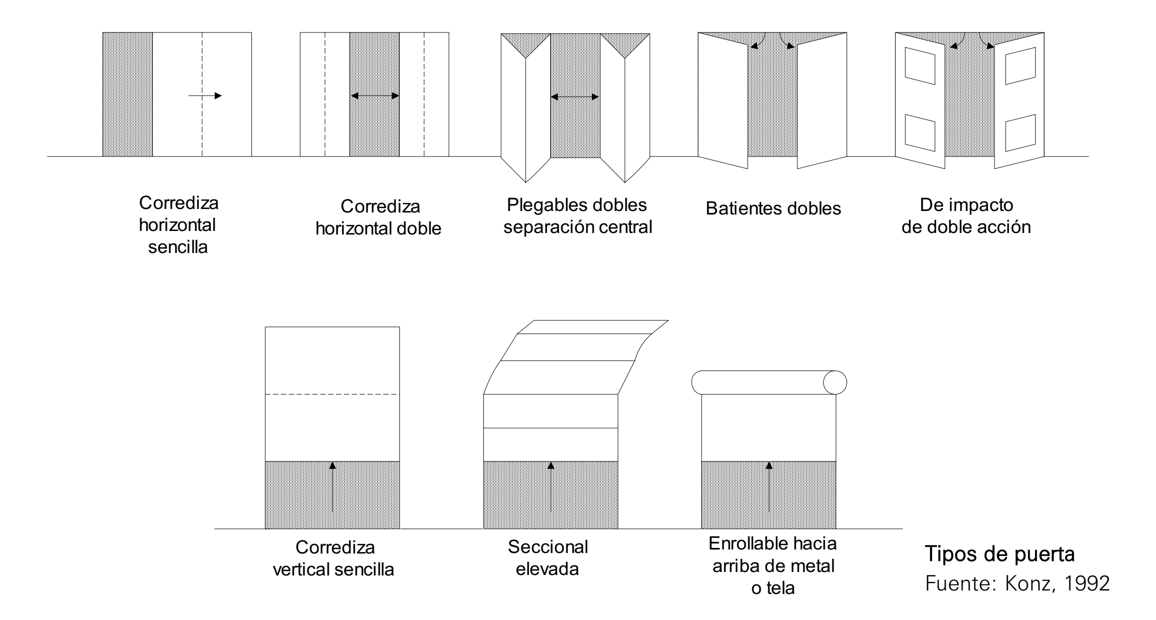
Estos elementos que sirven para abrir y cerrar los espacios de paso que comunican dos ambientes contiguos o el interior del local con el exterior, tienen una representación sencilla en los planos de la planta.

El corte de sección de una puerta se dibuja en un plano totalmente abierta o entreabierta, pero nunca cerrada.

En la figura que apreciamos a continuación se observan las cuatro representaciones más comunes. Las puertas de hoja doble se representan duplicando el mismo esquema.



Representación gráfica de puertas en el plano



Tipos de puerta
Fuente: Konz, 1992

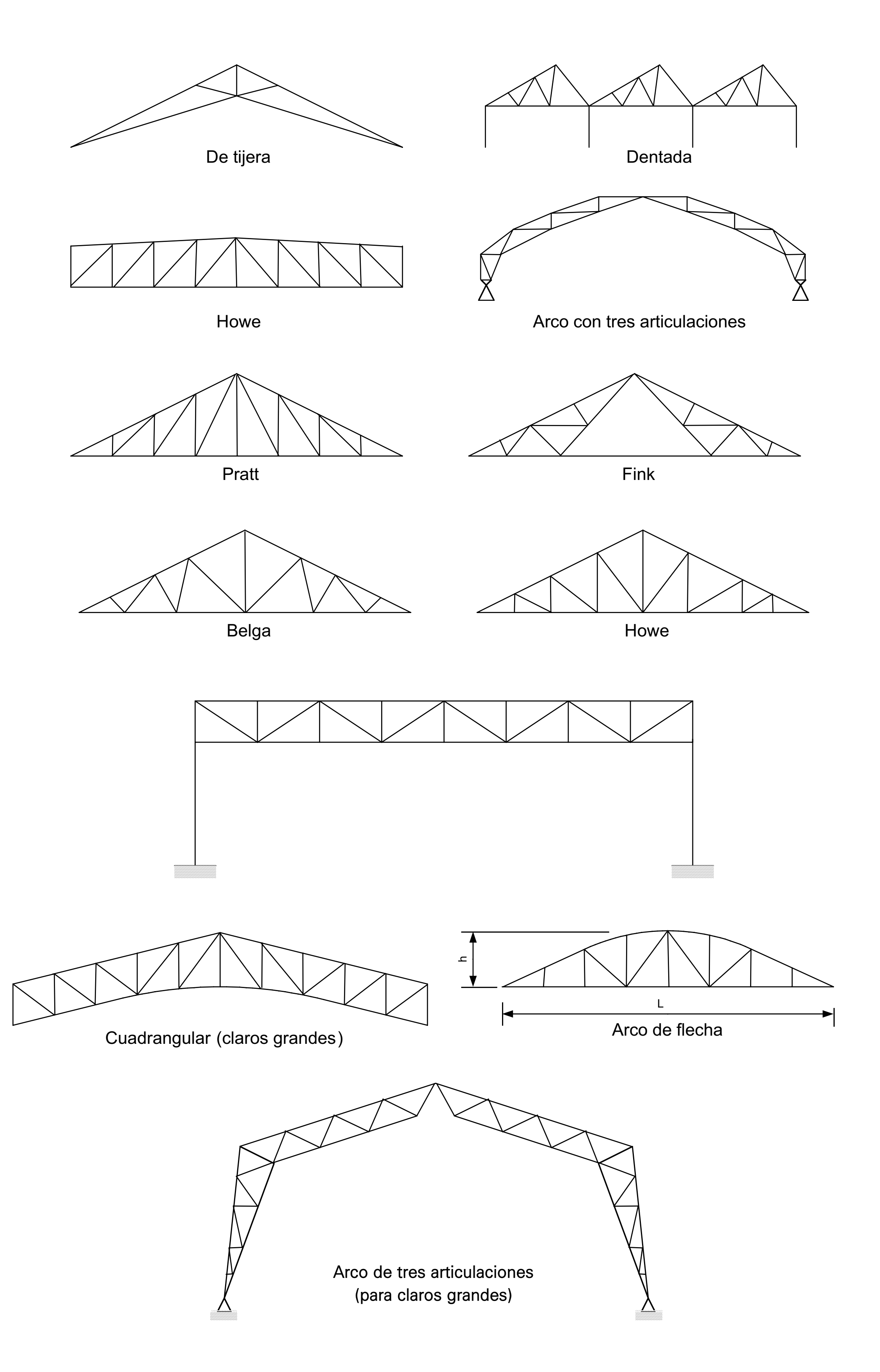
5. Techos

El sistema de techos se define como un conjunto de componentes interactivos del techo, diseñado para que los elementos de la producción no permanezcan a la intemperie y otorguen seguridad y mejores condiciones para trabajar. Se recomienda que se encuentren a una altura mínima de tres metros desde el nivel del piso.

Las cubiertas de los techos deben estar diseñadas para ser impermeables y aislar la superficie superior de un edificio.

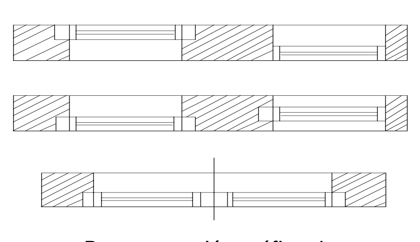
Las cubiertas de los techos pueden ser de:

- Paneles de diversos materiales, como fibra de cemento y madera; concreto aislante ligero y rellenos de yeso; vaciado de acero; madera, entre otros.
- Planchas de fibracemento con características de acuerdo con las necesidades del cliente; por ejemplo, el canalón, el perfil gran onda, la teja andina, el perfil 4, el súper techalit, la teja pizarra.
- Planchas de PVC para la construcción, que brindan un techo resistente, decorativo y anticombustible.
- Plancha de polipropileno más fibra de madera, cuyo menor peso permite su uso en estructuras más livianas y económicas.



Armaduras de techos

6. Ventanas

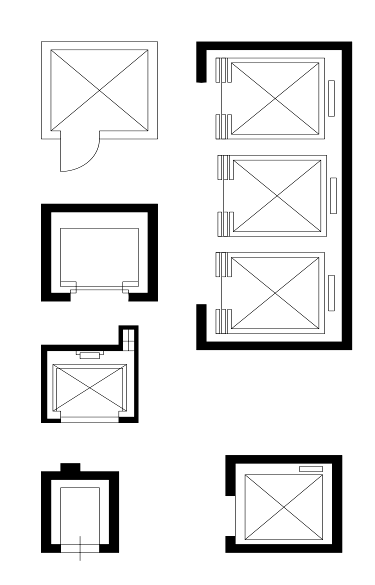

Representación gráfica de ventanas en el plano

Las ventanas se representan en un plano de la planta siempre cerradas, con tres líneas paralelas y equidistantes; las dos exteriores señalan el ancho de la hoja, exactamente del travesaño, mientras que la línea intermedia representa la superficie del vidrio, que acaba en los dos cuadrados o rectángulos laterales, que simulan los largueros izquierdo y derecho del marco.

A continuación se indican algunas medidas de la altura recomendada, donde se ubicarán las ventanas para algunos ambientes:

Salas	=	40 cm-90 cm
Oficinas, salones de clase	=	90 cm
Cocinas, lavanderías	=	1,20 m
Baños	=	2,10 m

7. Ascensores


Representación gráfica de ascensores en el plano

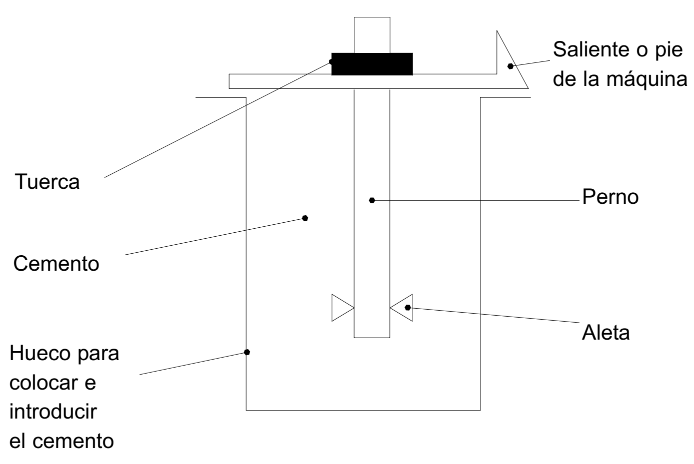
La representación del corte de sección de un ascensor se realiza por medio de un rectángulo o cuadrado cruzado por una cruz en aspa. La forma más elemental de su representación consistirá en la simple delineación del corte en sección del hueco que constituye la caja del ascensor.

8. Anclajes de maquinaria

Los anclajes son los seguros que se colocan en las máquinas para evitar movimientos, deslizamientos o vibraciones.

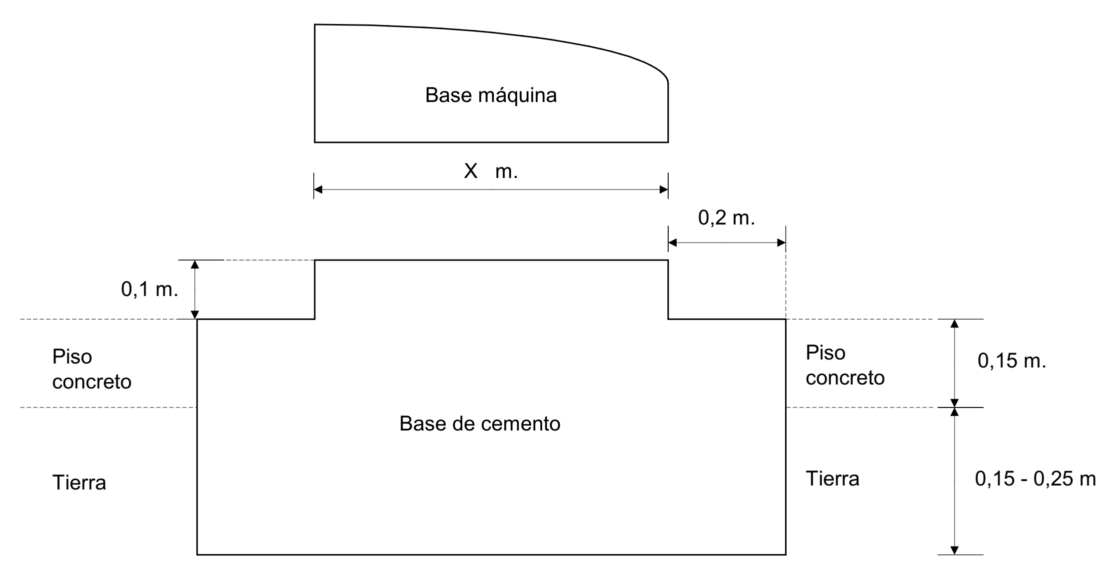
El sistema consiste en colocar un perno a través de una saliente o pie de la máquina, como muestra el dibujo.

- Anclaje
  La aleta sirve para inmovilizar el perno cuando el cemento se seca, luego se ajusta el perno en la parte superior y se inmoviliza la parte en cuestión.
  El lugar donde se va a ubicar o reubicar se prepara construyendo una base de cemento (mortero) con las siguientes características:



Vista de un anclaje

- Base de máquina



Vista de la base de la máquina

- Maquinaria y anclaje

Sección	Nombre máquina	Número	Número de pernos	Base de concreto
Victocor	Picoteadora	1	4	No
	Máquina de rodillo	1	6	No
Prensas	Prensas	10	4	Sí
	Molino de rodillos	1	6	Sí
	Guillotina	1	4	No
Matricería	Torno	2	6	Sí
	Fresadora	1	4	Sí
	Rectificadora	1	4	Sí
	Rectificadora	1	4	Sí
	Cepillo	1	4	Sí
	Electroerosión	1	4	Sí
	Electroerosión	1	4	Sí
	Electroerosión	1	4	Sí
	Caladora	1	4	No
	Pantógrafo	1	4	No
	Taladro vertical	1	4	No
	Sierra cinta	1	4	No
	Sierra mecánica	1	4	No
Corcho	Sierra vertical	1	6	Sí
	Laminadora	1	16	Sí
Pintura	Tambor arenado	1	4	No
Limpieza	Granalladora	1	4	No
	Resortera	1	4	No
Embalado	Horno	1	4	No
	Selladora	1	4	No

Fuente: Malay, 1990.

Ejemplo de maquinaria y tipo de anclaje

9. Áreas para almacenamiento

En la proyección de la edificación de la planta debe tomarse en consideración un área separada y ambientada acorde con los requerimientos de las actividades del almacén.

Su diseño tomará en cuenta los productos o materiales que se depositarán en el almacén; por ejemplo, si se almacenan productos inflamables en estos recintos, los pisos deberán ser anticombustibles e impermeables y la instalación eléctrica deberá atenerse a la instrucciones técnicas otorgadas.

En otras situaciones se considerará, además, el grado de humedad, la temperatura y la iluminación.

Problemas propuestos

1. ¿Qué consideraciones tendría para diseñar y construir una planta si se proyecta una segunda etapa para el futuro?

2. ¿De qué aspectos depende el ancho de los pasillos en una planta industrial? Mencione dos.

3. ¿Qué factores se deben considerar para colocar un ascensor en la empresa?

4. ¿Qué consideraciones del edificio son importantes contemplar para una distribución de planta bajo un sistema continuo de producción?

Capítulo

10 *Factor espera*

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- Formas del factor espera
- Almacén

La demanda de artículos para los consumidores es cada vez más exigente en calidad y precio, lo cual obliga a crear espacios, dentro de la planta, para la reserva o espera de materiales o productos que están en proceso y, de esta manera, agilizar la producción y disminuir los costos. Del mismo modo, es importante contar con almacenes para salvaguardar la calidad de los productos y suministrar materiales en óptimas condiciones de uso y de oportunidad para evitar paralizaciones por la falta de estos.

Por lo tanto, para un buen ordenamiento de los factores de la producción, se deben considerar puntos de espera y almacenes.

Una distribución correctamente planeada permite que los circuitos de flujo de materiales se reduzcan a un grado óptimo. El objetivo es que esta circulación sea fluida a través de la planta. Siempre que los materiales son detenidos se originan las esperas o demoras que ocasionan costos, como los siguientes:

- Costos del manejo efectuado hacia el punto de espera y de este hacia la producción.
- Costo del manejo en el área de espera.
- Costo de los registros necesarios para la identificación del material en espera.
- Costo de espacio y gastos generales.
- Costos de oportunidad del dinero representado por el material ocioso.
- Costo de protección del material en espera.
- Costo de los contenedores o equipo de retención involucrados.

Una razón para mantener materiales en espera, aunque cueste dinero, es que se puede ahorrar en alguna parte del proceso total de fabricación.

Una razón para mantener materiales en espera, aunque cueste dinero, es que se puede ahorrar en alguna parte del proceso total de fabricación. Al aprovechar las condiciones del mercado y ejecutar compras en cantidad, se requerirán espacios para el material en espera; ello ayudará a proteger nuestra producción contra retrasos. Las existencias de productos acabados coadyuvan al mejor y más regular servicio a los clientes en el momento que lo requieran. Las esperas en proceso permiten lotes de tamaño más económico, regularizan la mano de obra y mejoran la utilización de la máquina por el hombre. El material de espera, por consiguiente, puede originar a la vez una economía y un servicio, y no ser siempre algo que el distribuidor debe tratar de eliminar.

Se debe hacer un estudio detallado del factor espera, pues la logística es uno de los aspectos vitales de toda empresa.

Es necesario hacer un estudio detallado y minucioso del factor espera, ya que la logística es uno de los aspectos vitales de toda empresa. El tamaño y la ubicación del almacén tienen gran importancia para hacer más eficiente la producción.

1. FORMAS DEL FACTOR ESPERA

1.1 Puntos de demora o espera

Se definen como espacios en la misma área de producción, donde el material aguarda para ser trasladado a la operación siguiente o al inicio de la cadena de producción. Se presenta durante el proceso productivo. Es recomendable destinar áreas específicas para el material a fin de no congestionar el tránsito ni las operaciones. Cuando se trata de mínimas cantidades requeridas para la operación, los materiales se ubicarán en el área destinada al operador (superficie gravitacional).

Por lo general, se ubicarán puntos de espera cuando de ello dependa la normalidad de las operaciones, como en los siguientes casos:

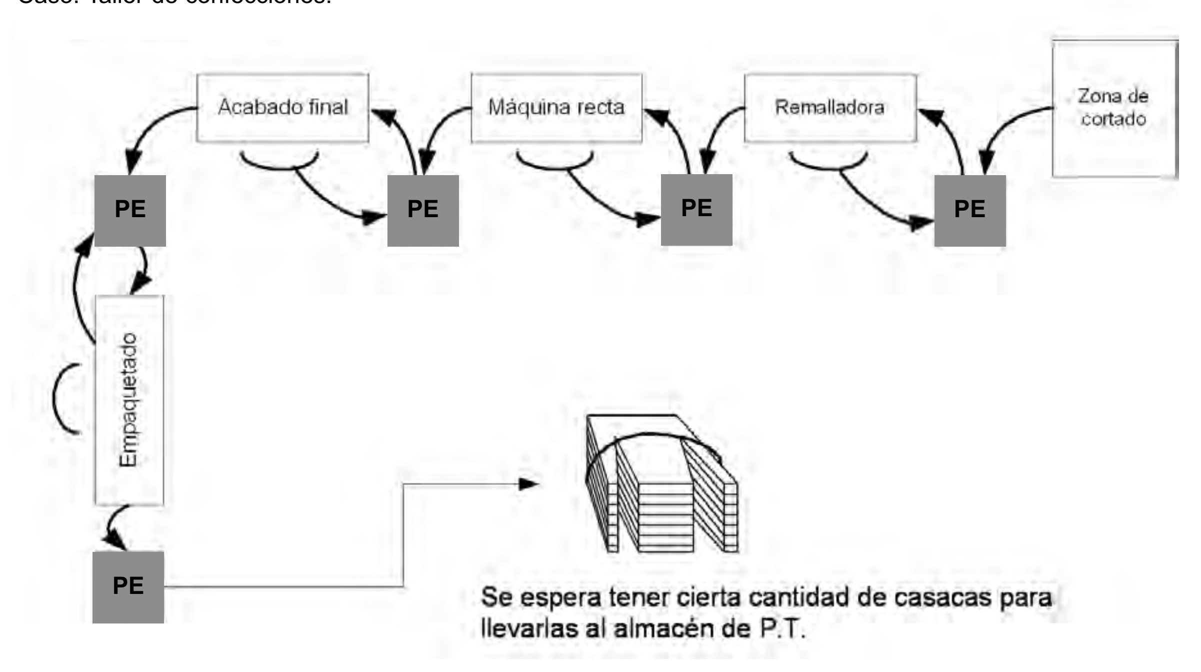
- Después de una operación crítica que puede estar sujeta a frecuentes interrupciones.
- Después de una inspección crítica en la que existen artículos que tienen que ser corregidos.
- A la cabeza de operaciones que dependen de unos elementos de manejo, en lo que es posible o frecuente el embotellamiento, confusión u otros inconvenientes.
- A la cabeza de las cadenas de producción o al lado de la cadena de operaciones de montaje, cuando una serie de operaciones depende del flujo continuo de los materiales.
- Entre dos departamentos en los que el transporte se realiza mediante dos tipos diferentes de equipo, es intermitente, irregular o es fácilmente interrumpible.
- Entre dos operaciones o departamentos cuyos tiempos no están balanceados.
- Entre dos operaciones, grupos o departamentos, uno rápido y el otro lento, cuyas velocidades relativas no pueden cambiarse.
- Entre operaciones continuas e intermitentes (dos turnos de fabricación y uno de montaje) u operación continua con una entrega de material periódica o irregular.

Los puntos de espera son almacenes temporales y se encuentran entre las estaciones de trabajo.

En el esquema siguiente se pueden observar los puntos de espera que se generan entre las operaciones en un taller de confecciones.

Bajo el enfoque del Just in Time (JIT), se debe minimizar la permanencia del material dentro de la planta. Todas las actividades se programan buscando eliminar desperdicios de tiempo y espacio.

Caso: Taller de confecciones.



Puntos de espera en confecciones

1.1.1 Descripción de puntos de espera

Es importante la identificación de los puntos de espera en una planta. Deberá indicarse la actividad, la unidad de espera y el punto de espera.

Caso: Área de corte y acondicionado de fábrica de papel

En toda la producción encontramos diversos puntos de espera, pero debemos recalcar que hay productos con puntos de espera diferentes, pues no sufren los mismos cambios. Estos se encuentran, principalmente, al costado de la máquina o del punto de trabajo de los operarios. Ya que la planta cuenta con un espacio amplio, no hay ningún problema en los puntos de espera.

Papel bond A4

Actividad	Unidad de espera	Punto de espera
Antes de cargar la máquina cortadora	1 bobina	Al costado de la máquina (al inicio)
Descargue de máquina	Resma	A la salida de la máquina
Antes del guillotinado	Resma	Al costado de la guillotina
Antes del empaquetado	Ruma de papel bond	Al costado de la mesa de empaquetado

continúa...

continuación...

Papel oficio

Actividad	Unidad de espera	Punto de espera
Antes de cargar la máquina cortadora	Una bobina	Al costado de la máquina (al inicio)
Descargue de máquina	Resma	A la salida de la máquina
Antes del guillotinado	Resma	Al costado de la guillotina
Antes del empaquetado	Papel oficio	Al costado de la mesa de empaquetado

Duplex

Actividad	Unidad de espera	Punto de espera
Antes de cargar la máquina cortadora	Una bobina	Al costado de la máquina (al inicio)
Descargue de máquina	Resma	A la salida de la máquina
Antes del empaquetado	Ruma de dúplex	Al costado de la mesa de empaquetado

Folcote

Actividad	Unidad de espera	Punto de espera
Antes de cargar la máquina cortadora	Una bobina	Al costado de la máquina (al inicio)
Descargue de máquina	Resma	A la salida de la máquina
Antes del empaquetado	Ruma de folcote	Al costado de la mesa de empaquetado

2. Almacén

Se define como un área determinada donde se ubica el material en espera por tiempos relativamente prolongados; por lo general existe control de entrada y salida.

El sistema de almacenaje que se escoja proporcionaría instalaciones, equipo, personal y técnicas necesarias para recibir, guardar y embarcar materia prima, productos en proceso y productos terminados. Todo ello de acuerdo con la naturaleza del material que se manejará. Aunque el almacenaje no agregue valor al producto, sí puede reducir al máximo los costos unitarios de almacenamiento.

Los espacios físicos que las entidades destinen para el almacén deben reunir determinadas características técnicas y fisicoambientales, orientadas a lograr el almacenamiento de los materiales en el lugar donde puedan ser racionalmente conservados y protegidos, para su distribución y uso posterior en las mejores condiciones de calidad, cantidad y oportunidad.

2.1 Tipos de almacén

Existen tres modalidades principales de almacén:

- *Almacén de productos acabados*.- Un almacén de productos acabados sirve para absorber aumentos imprevistos de la demanda. Su función suele dividirse en las secciones de *stock* en masa y *stock* activo. La preparación de pedidos se hace a partir del *stock* activo y suele planificarse sobre la base de cargas unitarias. El *stock* en masa sirve para reponer el activo o para suministrar cargas unitarias completas.

  La razón de esta clase de almacenaje es logística. En general, es imposible suministrar a un cliente directamente de la fábrica, en el tiempo disponible. Económicamente, tampoco se pueden orientar las líneas de producción a un producto según la demanda del momento.
- *Almacén de tránsito*.- El almacén de tránsito suele ser una etapa del sistema de distribución de una empresa que se dedica a la compra al por mayor de un cierto número de ítems para su posterior distribución.

  Es típico el caso del almacén que sirve a una cadena de supermercados, situado en la posición óptima con respecto a la zona de ventas. Su función de clasificación es similar a la del almacén de productos acabados, pero predomina la preparación a partir del *stock* en masa.

  Los almacenes de tránsito son económicamente necesarios para el ahorro de los costos de transporte y distribución.
- *Almacén de acumulación o de semielaborado*.- Son almacenes de conjuntos necesarios para una fabricación en serie. Todos deben estar disponibles cuando la operación de fabricación lo requiere, evitando dobles manipulaciones y preparación de pedidos de línea. Los procesos de clasificación tienden a efectuarse previamente, a menudo cuando las mercancías entran en el almacén. El *stock* se divide en líneas en masa, líneas de gran movimiento y líneas para piezas de menos salida, dispuestas en estanterías según su rotación.

El almacén es el lugar o espacio físico donde se depositan las materias primas, el producto semiterminado o el producto terminado, a la espera de ser transferido al siguiente eslabón de la cadena de suministro. Sirve como centro regulador del flujo de mercancías entre la disponibilidad y la necesidad de fabricantes, comerciantes y consumidores.

A menudo se utiliza un *stock* "tampón" para cumplir exactamente con los pedidos de material para el proceso de producción. Esta capacidad es necesaria porque algunas piezas pueden ser rechazadas y otras quizás se acumulen en exceso. En estos almacenes se requiere un alto grado de control de existencias.

2.2 Ubicación del almacén

Es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- *El área requerida*.- Deberá guardar concordancia con la naturaleza, cantidad y volumen de los bienes que se van a recibir, verificar, custodiar, conservar transitoriamente y distribuir; la colocación de estanterías o armarios necesarios; la instalación de las maquina-

rias y equipos requeridos; el personal que transitará dentro de él; el mobiliario que utilizará dicho personal; etc.

- *La ubicación física del local*.- Debe guardar concordancia con la naturaleza de un almacén, es decir, debe estar ubicado en lugares que faciliten, tanto a los proveedores como a las dependencias solicitantes, su acceso y llegada a este sin mayor esfuerzo; por ejemplo, es mejor la ubicación en el primer piso de una edificación que en la azotea o en el sótano, si estos lugares no ofrecen las medidas ambientales o sanitarias apropiadas. En los casos en que el uso de la gravedad puede facilitar las operaciones, se recomienda que el almacén se ubique en los niveles superiores de la edificación.
- *La seguridad interna y externa*.- Esta puede ser propia o particular, tanto para las personas como para las existencias.
  - *Internas*: Los almacenes deben contar con chapas, ductos para aire, sistemas de alarma, extintores operativos, botiquines de primeros auxilios, etc.
  - *Externas*: Las paredes y los techos deben ser adecuados a las condiciones climáticas y atmosféricas de la zona geográfica; deben tener sistema de ventilación apropiado; cerco de seguridad; sistema de alarma; bombas de agua; guardianía permanente, etc., además de pólizas de seguro contra todos los riesgos que estime conveniente la entidad.
- *La facilidad para el ingreso.*- Los vehículos que transportan los materiales que deben entregar los proveedores y su recepción por parte del almacén, así como la descarga de los bultos, el pesaje, el desembalaje y la verificación de materiales, no deben interferir con las que diariamente realiza la entidad.
- *La construcción de las edificaciones*.- Con sus respectivas instalaciones sanitarias y eléctricas; oficinas; espacios libres para la recepción, distribución y despacho de los bienes; zonas de almacenaje; vestuarios para el personal, futuras ampliaciones; parqueo exterior; recreación, etc.
- *Las características propias de los bienes*.- Deben ubicarse en el lugar más apropiado, con mayor razón si se trata de explosivos, productos químicos, tóxicos o radiactivos; de tal forma que no representen ningún peligro ni para los trabajadores que los manipulan dentro del almacén, ni para la comunidad, ni para la entidad.

2.3 Racionalización del espacio

En todo almacén, sea este grande o pequeño, el espacio disponible será adecuadamente utilizado para cada clase de artículo de acuerdo con su naturaleza. La adopción de esta medida permitirá el uso racional y el óptimo aprovechamiento de los espacios físicos existentes, evitando la demanda continua de mayores espacios. Para ello será conveniente tener en consideración los siguientes factores:

- *Características de las materias*.- Antes de almacenar es necesario conocer las características de los objetos, como su tipo, tamaño, forma, peso, etc.
- *Capacidad de almacenamiento*.- Es necesario conocer el carácter del área que será utilizada para el almacenamiento; para ello deberá conocerse:
  - La ubicación y el tamaño de las entradas.
  - La ubicación del alumbrado eléctrico y de los interruptores.
  - La resistencia al peso del piso.
  - La altura del techo y las vigas.
- *Áreas de almacenamiento*.- Es el espacio físico de facilidades de almacenamiento. Las áreas pueden estar en un almacén cerrado o al aire libre. Cada área debe ser identificada por una letra.
- *Áreas auxiliares*.- Espacio no usado para el almacenamiento propiamente dicho, como:
  - Pasillo principal.
  - Pasillo lateral.
  - Espacio libre.
  - Entradas.
  - Líneas de límite.

El *pasillo principal* de un almacén es más ancho que otros y normalmente se encuentra en el centro o cerca del centro del almacén, extendiéndose sobre la longitud del almacén.

El *pasillo lateral* se extiende perpendicular al pasillo principal y debe dirigirse hacia las entradas o plataformas de carga.

El ancho de estos pasillos es determinado por los tipos de materiales que serán almacenados y por los tipos de auxilios mecánicos que serán usados en el manejo de estos materiales.

Espacio libre es el área designada en un almacén para la recepción y el despacho ordenados de materiales, y para la separación de materiales recibidos que serán almacenados. Esta área estará situada cerca de la entrada del almacén, y será lo suficientemente amplia para que los materiales no obstaculicen los pasillos.

Las *entradas* al almacén deben ser amplias para facilitar el manejo de materiales y el uso de los auxilios mecánicos. Se requiere que las *entradas* se encuentren al final de los pasillos o en las entradas de las plataformas de carga. Cuando un almacén tiene demasiadas puertas, las que no sean necesarias deben cerrarse como medida de seguridad, y se debe colocar un cartel que indique que no están en uso.

Las líneas *de límite* se utilizan en el almacén para designar las áreas que se destinarán al almacenamiento y no deben tener más de tres pulgadas de ancho. Se pintarán con pintura blanca o amarilla.

2.4 *Mobiliario y equipos necesarios*

Para el manejo y manipuleo de los bienes del almacén se requiere un profundo conocimiento tanto de las operaciones fabriles, el mobiliario, la maquinaria y los equipos necesarios, como de técnicas especiales que permitan reducir las pérdidas por deterioro y robos; disminuir los accidentes de trabajo y aumentar el espacio físico disponible, de acuerdo con la distribución de la zona de almacenamiento. Así, se maximizan las operaciones del almacén y se podrán alcanzar los más altos estándares de productividad.

El tiempo en la manipulación de los materiales, para conseguir el menor costo, debe constituir una preocupación principal de todo el personal idóneo que labora en el almacén de una entidad,

Una vez que se han establecido las unidades y los niveles de almacenamiento, se procederá a seleccionar el equipo requerido.

El equipo de almacenamiento es tan importante para el costo total y para el éxito de las operaciones de almacenamiento, como lo es el propio equipo de manejo considerado en el factor movimiento. Este involucra:

- *Estanterías*.- Compuestas por columnas verticales, brazos para soportar la carga y tirantes horizontales y diagonales. La estantería puede ser de madera, de metal o mixta.
  El sistema de estantería almacena y mueve tarimas, cajas o contenedores, simultáneamente, por gravedad. Existen los siguientes tipos de estanterías:
  - *Metal point*
    - Estantería de cómodo y rápido montaje.
    - Sin tornillos.
    - Diseñada para el almacenamiento de cargas medias y pesadas con acceso manual.
    - Gran capacidad de carga, óptimo comportamiento a plena carga, material modular, estantes regulables a cualquier altura, con posibilidad de adecuarlos en cómodos bancos de trabajo, acceso por los cuatro lados.

    Ventajas:
    - Permite el acceso de cargas por los cuatro lados.
    - Estantería simple y económica.
    - Cuenta con accesorios para variaciones de diseño.
  - *Sistema compacto* drive-in*,* drive-thru
    - Proporciona el máximo nivel de rentabilidad, calidad y seguridad para el almacenaje compacto de mercancía paletizada.
    - La acumulación de la carga se realiza en profundidad y altura con un solo pasillo para todas sus calles.
    - Riguroso control de las entradas y salidas.
    - El sistema ideal para cámaras frigoríficas y congeladoras

    Ventajas:
    - Alta utilización del espacio.
    - Aumenta la capacidad de almacenamiento horizontal reduciendo la cantidad de pasillos.

- *Rack dinámico*
  - Deslizamiento de la carga por gravedad sobre rodillos.
  - Óptimo control de *stock.*
  - Permite la práctica del sistema FIFO, lo que significa primera paleta en entrar, primera paleta en salir.
  - Solamente son necesarios dos pasillos para acceso a todas sus calles.
  - Máxima economía del espacio con rotación perfecta del producto.

  Ventajas:
  - No requiere de pasillos intermedios.
  - El total de inventario está en un sitio accesible.
- *Rack portabobinas*
  - El rack portabobinas es una estructura realizada para el almacenaje y preparación de bobinas de cable de cualquier tamaño.
  - Se adapta con versatilidad y exactitud a cualquier espacio.
  - Fácilmente regulable para cambios en la ubicación de bobinas.
  - Proporciona rapidez y seguridad absoluta en el *picking.*
  - Clasificación ordenada en todas las referencias.
- *Rack autoportante*
  - Las estanterías soportan el peso del techo y cerramientos verticales a la vez que constituyen en sí un robusto edificio-almacén, proporcionando un considerable ahorro al eliminar el costo de la nave convencional.
  - El almacén moderno y competitivo requiere un orden eficaz así como una mayor rentabilidad del espacio. Es térmicamente aislado e insonorizado con estética exterior moderna.

  Ventajas:
  - Ahorro de espacio.
  - Actitud de innovación.
  - Requiere solo de una loza de concreto para el piso.
  - Se puede cambiar de lugar.
- Cantilever
  - Estantería en voladizo (largos entrepaños sin columnas al frente de ellos) para cargas voluminosas o de gran longitud como son: barras, tubos, tubos perfiles, madera, laminados plásticos, muebles, etc., o cualquier material cuyo almacenamiento sea imposible en estanterías convencionales.
  - Regulable en altura de forma continua.

  Ventaja:
  - Ofrece la posibilidad de situar los niveles (brazos) a un solo lado o a ambos lados
- *Camillas.-* Conocidas también como deslizaderas o plataformas independientes, están constituidas por plataformas elevadas que se utilizan para transportar y almacenar bienes diversos. Se usan para el apilamiento vertical de una gran carga de camilla una sobre otra, para su posterior manipulación con

carretillas elevadoras o de horquilla. Una camilla es, en esencia, una plataforma de dos caras, compuesta por dos tableros planos separados a una distancia de varios centímetros por medio de travesaños, estando destinado el espacio intermedio a facilitar la inserción de la horquilla de una carretilla.

- *Los mostradores.-* Además de ser utilizados para la entrega de los artículos a los solicitantes o usuarios, sirven también para delimitar la zona o espacio de recepción hasta donde pueden llegar las personas que no laboran en el almacén.
- *Las balanzas.-* Son utilizadas para pesar los bienes cuya unidad de medida es el kilogramo, u otras medidas. Son de mucha utilidad no solo en el almacén.
- *Las escaleras.-* Resultan indispensables en los almacenes para alcanzar los bienes que han sido colocados en la parte superior de las estanterías, cuando estas miden más de 2,40 m.
- *Las parihuelas o plataformas*.- Son utilizadas con el elevador de horquilla para el almacenamiento y transporte de bienes contenidos en bolsas de cualquier material.
- *Equipos diversos.-* Constituidos por winchas, cintas métricas, contadores, calibradores, catálogos de los productores, etc., que ayudan a identificar los bienes y a comprobar las características que deben tener.

2.5 Medios de transporte

Ayudan en la manipulación o traslado de los bienes en almacén. Su uso está condicionado por los siguientes factores: características de los bienes que se van a manipular, de los medios de transporte disponibles y de los medios de transporte externo en los que estos llegan; distancia por recorrer; volumen de las operaciones; ciclo de momentos repetitivos; puntos de inicio y fin fijos (véase capítulo Factor movimiento).

- *Trenes para tractor*.- Compuestos por un tractor motriz y una serie de carros de cuatro ruedas, con equipamiento trasero y delantero, que al ser conectados al tractor forman un tren semejante a un ferrocarril.
- *Pala de arrastre*.- Consiste en una gran cuchara de acero que se hace pasar sobre una pila del material que se manipula, por medio de un motor y de un sistema de cables y poleas apoyadas en postes u otros medios de anclaje, situados en puntos adecuados alrededor de un montón de material.
- *Placas de muelle*.- Son utilizadas para formar un "puente" desde una zona de carga a nivel del suelo, hasta la plataforma del transportador que puede ser un furgón o camión. Existen dos tipos: mecánicas y automáticas.
- *Rampas*.- Constituyen el medio más económico para bajar materiales de un nivel a otro. Son de construcción sencilla y, en las condiciones ordinarias de trabajo, su coste de conservación es prácticamente nulo.

- *Rampas rectas*.- Se utilizan cuando la distancia entre el nivel superior y el inferior es corta. En condiciones medias, tienen una inclinación de 20° para las cajas de cartón, 18° para las cajas de madera y entre 15° y 17° para las bateas de acero. La altura de las salvaguardias laterales no debe ser inferior a un tercio de la altura de la carga más alta.
- *Rampa espiral o helizoide*.- Se utiliza para las caídas largas o en espacios en los cuales es físicamente imposible instalar una rampa recta o cuando el material tiene que entregarse en un punto situado virtualmente debajo del punto al que llega.

2.6 Áreas del almacén

Un almacén debe tener tres áreas; su tamaño y distribución dependerán del volumen de las operaciones y la organización de la empresa. Pueden estar separadas o dentro de una misma área.

- *Área de recepción*.- El espacio necesario depende del volumen máximo de mercadería que se descarga y del tiempo de su permanencia en ella. La mercadería debe concordar con los documentos que la acompañan; conviene tener presente las características especiales de la mercadería (por ejemplo, su fragilidad).

  Antes de ser almacenada, la mercadería se registra y se etiqueta o se codifica para realimentar los datos en la sección de control de existencias.

  Antes de que la mercadería sea transportada en medios de acarreo y clasificada en los estantes, se les debe colocar la protección necesaria.

  Los medios de transporte más usuales de esta área son:
  - El montacarga eléctrico (petróleo o gasolina).
  - La carretilla neumática o manual.
  - Las tarimas de madera.
  - Los contenedores.
  - Los carros especiales.
  - Los transportes de rodillos.
- *Área de almacenamiento*.- En esta área se destina espacio para cada grupo de materiales con características similares, requiriéndose de un conocimiento pleno de cada producto, así como de las condiciones de resguardo, protección y manejo para un adecuado ordenamiento, seguridad y control de inventarios.

  El área de almacenamiento debe estructurarse en tal forma que permita modificaciones o ampliaciones con una inversión mínima. Su disposición debe facilitar el control de los materiales. Si el espacio del que se dispone es limitado o crítico, será recomendable una mayor colocación de estantes o tarimas, aprovechando el espacio cúbico y un diseño flexible de estantería para la distribución y colocación de materiales (contenedores) que permitan ahorrar espacio.

El espacio físico del almacén debe estar técnicamente organizado y racionalmente distribuido, de tal manera que exista un lugar apropiado para cada tipo de bien o producto, de acuerdo con sus características. La designación de este lugar se conoce como "sistema de ubicación", que sirve para hallar los materiales que busca una persona.

Si no existe un orden adecuado, las actividades del almacén no podrán desarrollarse en las mejores condiciones y se generará desorden y pérdida de tiempo y dinero; no se encontrarán rápidamente los bienes ni se conocerán las cantidades de cada uno de ellos; solo se obtendrá falsa información sobre las existencias. Por lo tanto, la implantación de un sistema de codificación resolverá los problemas planteados.

El sistema de almacenaje que se va a elegir será determinado por las condiciones logísticas, más que por la función primaria de almacén. Los factores de elección dependen de la variedad de los ítems almacenados, de sus características físicas y de los ritmos de salida de cada uno, entre otros.

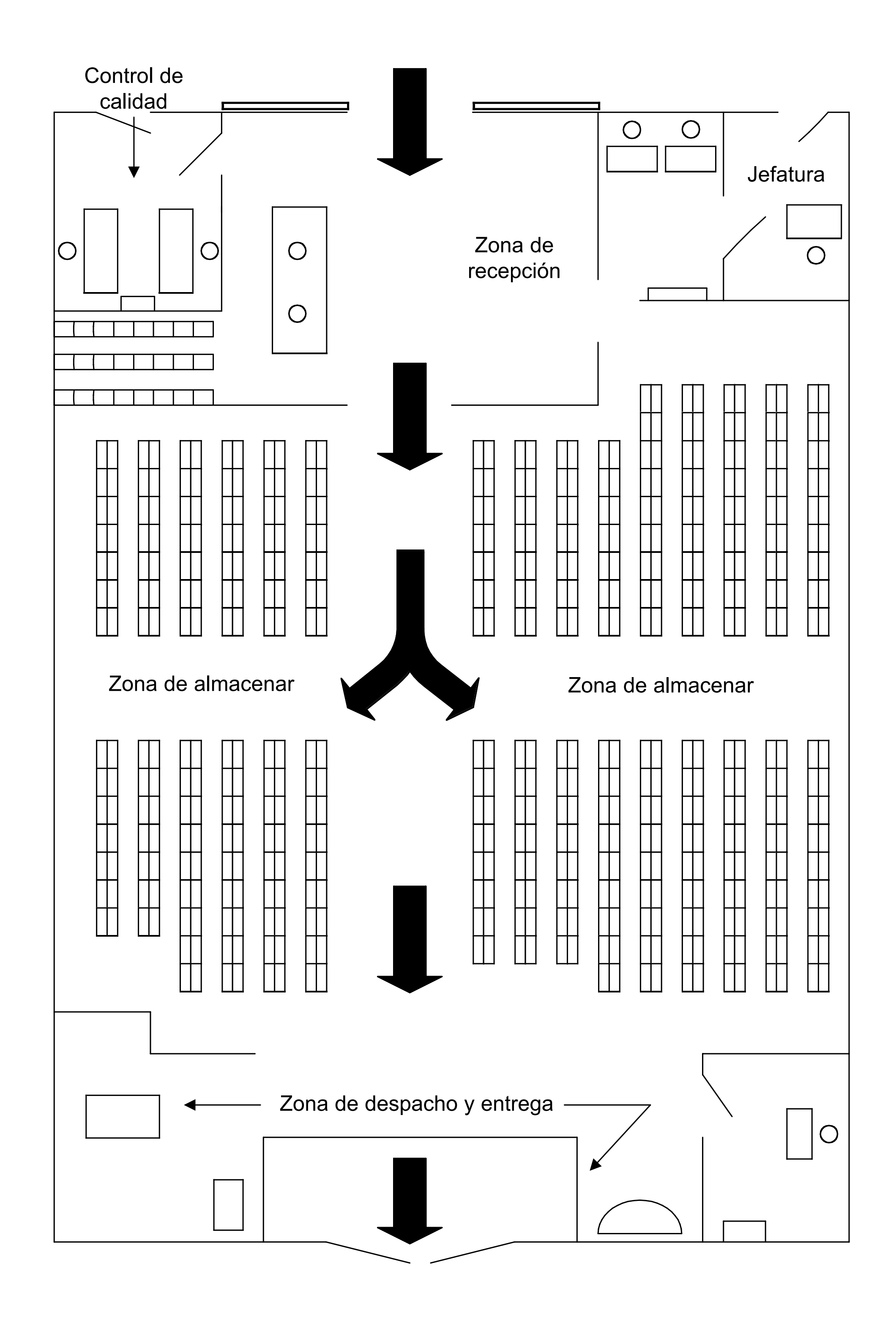
- *Área de entrega.*- Es el área física destinada a la entrega de materiales a los solicitantes. El pedido se realiza mediante un documento de salida. Es necesario que la calidad y cantidad de los materiales sean revisadas antes de su entrega, para lo cual se cotejan con el documento de salida.

2.7 El almacén como medio de control

La sociedad de consumo ha creado una compleja red de fabricación y distribución, en la cual el almacén actúa como una válvula del sistema para controlar el mercado a través de:

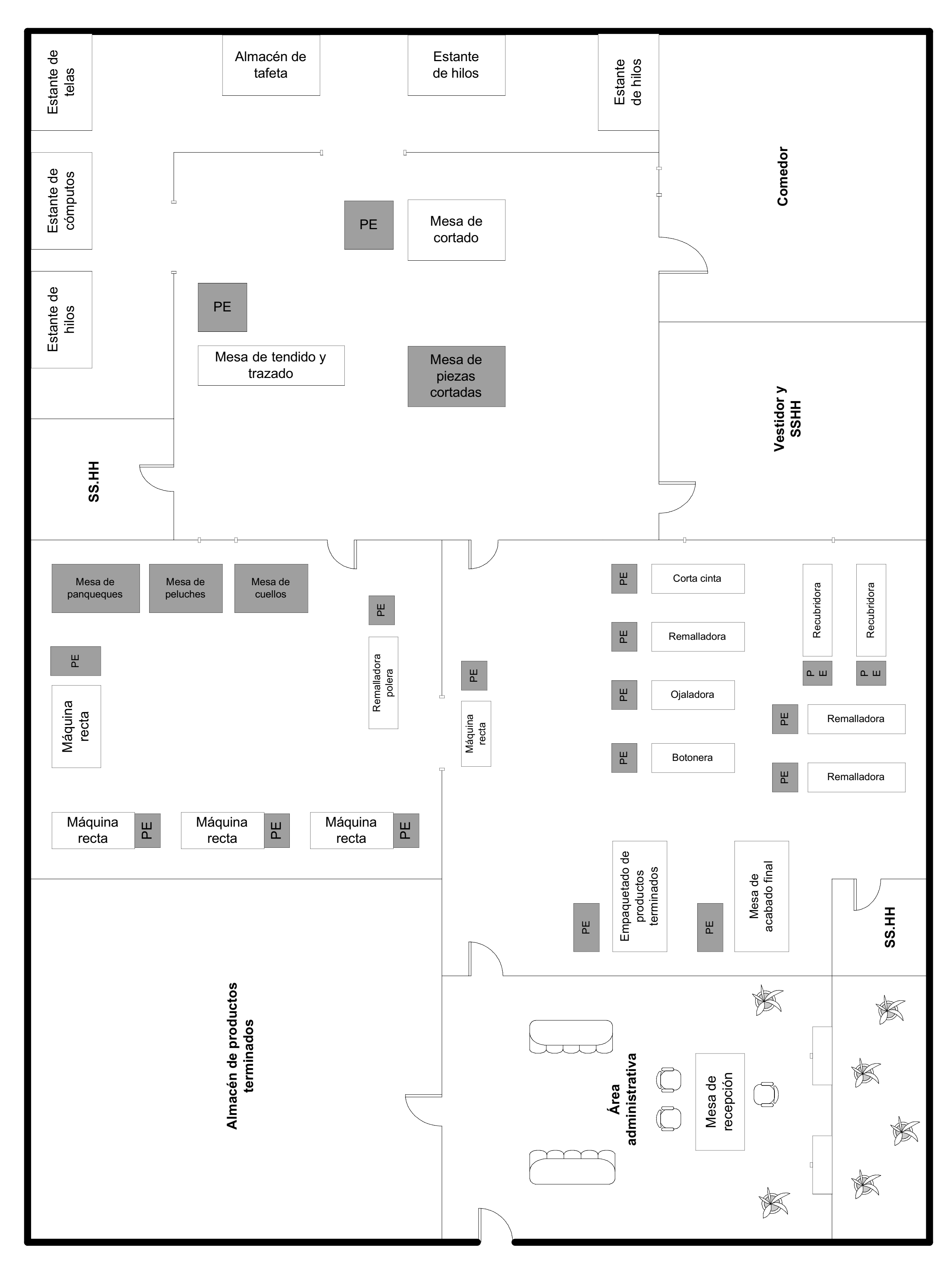
- El equilibrio de la producción en serie mecanizada, con la demanda imprevisible; por ejemplo, los lotes de partes y piezas que se usarán para la fabricación de otros productos.
- El equilibrio de la producción irregular y estacional con la demanda a lo largo del año; por ejemplo, la producción continua de hortalizas congeladas o de mercancías perecederas.
- La acumulación de existencias para los momentos punta de demandas estacionales.
- La redistribución entre el fabricante y el punto de venta o comercio del detallista, asegurando la disponibilidad constante de determinados productos.

Desde el punto de vista económico, es recomendable la fabricación por lotes, aunque esto puede entrar en conflicto con la demanda estacional o con el gusto del consumidor, que puede exigir productos con características muy específicas. En toda planta se encontrarán puntos de espera y almacenes, como se muestra en el plano siguiente.



Zona de almacenaje y distribución de áreas

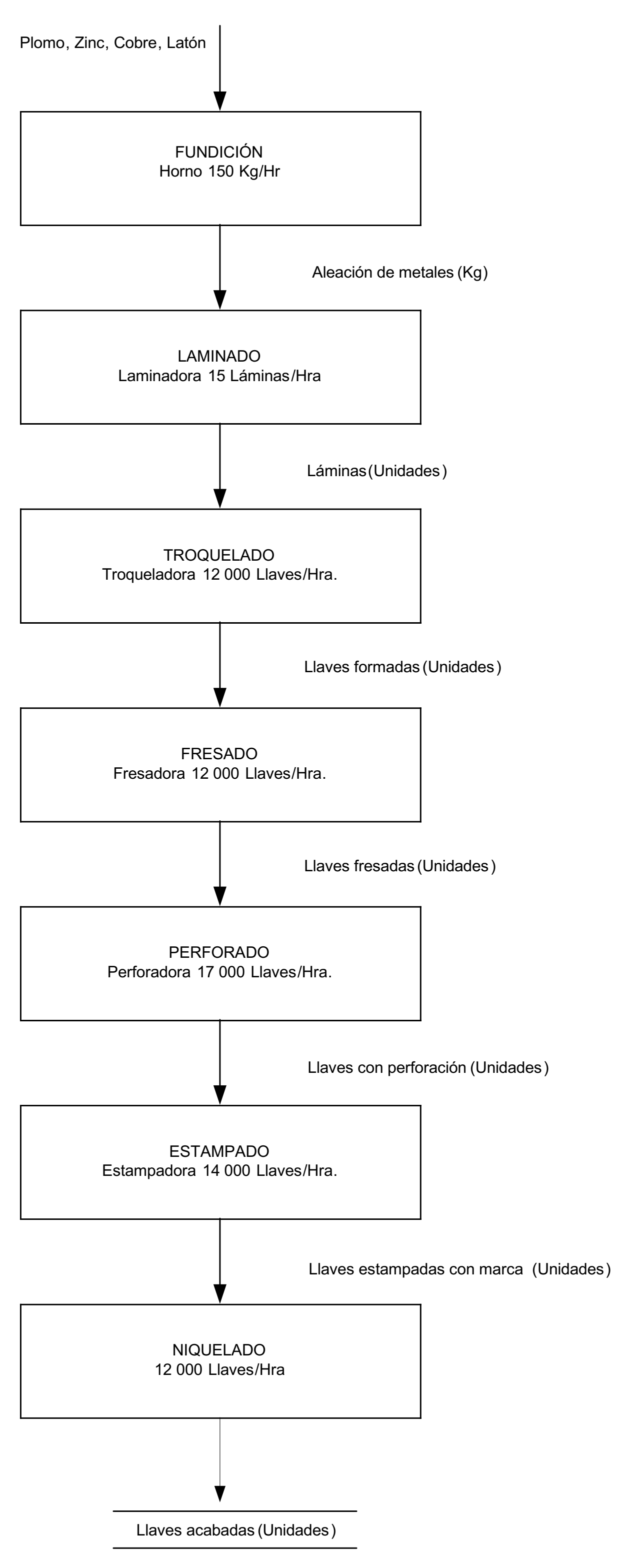
Fuente: Castañeda Santos, V., 1998.



Plano de una empresa de confecciones.
Se muestran los puntos de espera y los almacenes

PROBLEMAS PROPUESTOS

1. Una planta productora de llaves tiene el siguiente proceso:



En el flujo anterior se presenta la capacidad de producción de cada proceso. Se cuenta con una máquina o equipo de cada tipo.

La planta trabaja 22 horas efectivas/día.

Las láminas que salen del proceso de laminado pesan 10 kg. Estas láminas pasan al troquelado y de cada lámina se obtienen alrededor de 800 llaves; el material sobrante se deposita en carritos de 4 ruedas. Las llaves formadas en el troquelado pesan 10 g cada una.

El gerente de Planta, para cumplir con el 100% de utilización de la perforadora, al inicio de cada hora traslada material semiprocesado (llaves fresadas) del almacén a la zona de perforado; se considera que la merma que se genera en este proceso es despreciable.

El gerente ha detectado que los puntos de espera se generan en las operaciones más lentas.

En general, el medio de acarreo utilizado son carritos de 4 ruedas (1.00 x 0.70 m), los cuales tienen una capacidad de 50 kg; los mismos carritos se usan en los puntos de espera.

a) Analice la información y complete el siguiente cuadro:

Proceso	Máquinas o equipos	Material que ingresa*	Material que sale*	Capacidad de producción/día	Material en espera	Cantidad en espera por horas	Área de espera por horas (Ss)

* Indique el nombre y la especificación del material

2. En el factor espera, ¿en todos los casos se asigna una superficie física, área de operaciones y espacio para el movimiento y circulación de los elementos móviles?

Capítulo

11 *Factor servicio*

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- Servicios relativos al personal
- Servicios relativos al material
- Servicios relativos a la maquinaria
- Servicios relativos al edificio

El área de manufactura requiere de servicios de apoyo y de requerimientos de espacio físico. El objetivo de este capítulo es identificar dichos servicios, definir su propósito y determinar los requerimientos de estas instalaciones.

En una planta hay varias funciones definidas como servicios, que hemos divido en cuatro grupos:

- Relativos al hombre
- Relativos al material
- Relativos a la maquinaria
- Relativos al edificio

Los servicios de una planta están conformados por elementos físicos y personal organizado, destinados a satisfacer las necesidades de los factores de la producción.

1. Servicios relativos al personal

Deben considerarse las condiciones apropiadas en lo referente a:

1.1 Vías de acceso

Será necesario diseñar las puertas de ingreso y salida del personal de manera que sean independientes de los lugares de recepción y despacho de material, con el fin de evitar inconvenientes.

Se deben tener en cuenta las salidas de emergencia; se requerirá de un mínimo de 0,80 m de ancho por cada 1.000 m^2 de área construida en el primer piso, y las diferentes salidas deberán ubicarse, de ser posible, en lugares distantes y opuestos.

Los pisos superiores que tengan escaleras independientes de acceso, deberán tener salidas a espacios abiertos o pasajes, de forma tal que la distancia por recorrer dentro de los ambientes sea de 20 m como máximo.

Los pasajes tendrán un ancho mínimo de 1,20 m, para los primeros 1.000 m^2 de área servida. Este ancho será incrementado en 0,30 m por cada 1.000 m^2 adicionales de área servida.

Dentro del terreno de la empresa deberá dedicarse un espacio para al área de estacionamiento que satisfará las necesidades del personal y de las actividades de la industria; se usarán para ello retiros frontales.

1.2 Instalaciones sanitarias

Son instalaciones permanentes y difíciles de ampliar o cambiar de lugar; por ello, en su planificación se debe considerar un mayor número de usuarios.

En la tabla siguiente se muestran las especificaciones de OSHA:

Número de empleados	Número mínimo W.C.
1 - 15	1
16 - 35	2
36 - 55	3
56 - 80	4
81 - 110	5
111 - 150	6
más de 150	un accesorio adicional por cada 40 empleados

Especificaciones de OSHA para W.C.

Los sanitarios deben estar limpios, iluminados y bien ventilados.

El piso debe tener una pendiente hacia uno o más drenajes de piso. Las entradas y las puertas del cuarto del sanitario se deben diseñar de tal manera que le brinden privacidad al usuario.

La dotación de agua para oficinas será de 20 litros por persona por día, y para industrias, que por su actividad requieren mayor aseo, será de 100 litros por trabajador por día.

Las áreas de sanitarios se deben equipar con espejos, toalleros, jabón, papel sanitario; deben considerarse también vestuarios con anaqueles, ganchos para colgar ropa y bancas. Aun cuando se usen secadores de aire en vez de toallas de papel, es necesaria la instalación de un basurero.

La puerta de entrada debe ser lo suficientemente ancha (0,90 cm) para facilitar el ingreso de sillas de ruedas. Asimismo, se requiere que el gabinete del inodoro tenga puertas batientes hacia fuera, barras para asirse a 0,90 cm del piso e inodoro diseñado especialmente para que se adapten sillas de ruedas.

Cada dispensador de agua sirve para 75 a 100 personas. Se pueden colocar más para reducir el tiempo que le toma al empleado ir hasta el dispensador. No se deben utilizar vasos de uso común.

La National Standar Plumbing Code recomienda para locales industriales un inodoro para cada 10 personas, que el número de lavabos coincida con la mitad de estos, un bebedero de agua que sirva para 75 a 100 personas y una ducha para cada 10 personas.

1.3 Servicios de alimentación

Las cafeterías pueden estar equipadas con cocinas completas o pueden proyectarse para atender órdenes pequeñas o pedidos de comidas ya preparadas.

Los locales de alimentación se ubicarán dentro del recinto del centro de trabajo y en zonas que no ofrezcan riesgos de contaminación ambiental (malos olores, humo, hollín, polvo, aguas servidas, depósitos de basura, presencia de animales, etc.).

Los pisos tendrán una pendiente adecuada para que el drenaje sea eficaz.

En el área de comedor se pueden combinar mesas de diversos tamaños y formas. Se pueden poner tres mesas para dos personas y una grande para seis.

Esta área debe localizarse en un espacio que permita reducir al mínimo la distancia de recorrido del trabajador. También pueden usarse, previa adecuación, como instalaciones para conferencias y juntas informales o formales, y para servicios recreativos. Cerca del área del comedor debe haber un teléfono y suficientes basureros.

El ambiente destinado a la cocina deberá estar ubicado preferentemente en el primer piso o en un lugar de fácil acceso para los vehículos que transportan alimentos desde el centro de abastecimiento. Deben tener la amplitud requerida con relación al número de raciones que sirven; para ello, el Reglamento Nacional de Construcción sugiere 0,5 m^2 por ración.

Las áreas de servicio de alimentación deberán contar con servicios higiénicos para los comensales. Asimismo, deberán existir duchas para el personal de cocina.

Algunas operaciones de expedición de alimentos y cafetería pueden depender de empresas que brindan el servicio de comida preparada y, por lo tanto, no necesitan una cocina para producción local.

Las unidades de trabajo que conforman una cocina de producción completa deben ubicarse en un mismo ambiente, para permitir que el flujo de trabajo siga una secuencia lógica y natural con un mínimo de interferencias y retrocesos.

1.4 Servicios médicos

El tamaño y ubicación de la planta son los factores principales que determinan el tipo de servicios médicos necesarios. Las plantas ubicadas cerca de las ciudades donde se dispone de servicios hospitalarios y clínicas, pueden utilizar el servicio de ambulancias y solo requerirán de servicios para atención ambulatoria o de emergencia. De cualquier forma, se necesitan salas de espera, cuartos de examen y oficinas para el médico y la enfermera.

1.5 Iluminación

La iluminación es un factor que condiciona la calidad de vida de las personas y determina las condiciones de trabajo. Sin embargo, no se le da la importancia que merece, debido a la gran capacidad de la vista de adaptarse a condiciones insuficientes de iluminación.

Para que cualquier actividad se desarrolle, requerirá que se complementen la luz (característica ambiental) y la visión (característica personal).

Los ambientes de producción podrán tener iluminación natural mediante vanos o cenital, o iluminación artificial cuando los procesos lo requieren. El nivel mínimo será de 300 luxes sobre el plano de trabajo.

El objetivo principal de una iluminación correcta es que la cantidad de energía luminosa que llegue al plano de trabajo sea la adecuada, proporcionando un medio circundante seguro para prevenir accidentes, haciendo posible el reconocimiento inmediato de los riesgos y la posibilidad de evitarlos. Con una iluminación adecuada, los errores y defectos se aprecian con mayor rapidez, lo que conduce a la mejor calidad y cantidad de producción. El tiempo se optimiza, ya que no se esfuerza la vista para observar pequeños detalles. Además, contribuye al orden y la limpieza en las estaciones de trabajo. Una buena iluminación es un factor importante para elevar la moral y proporcionar un ambiente agradable de trabajo.

Se deben pintar las paredes con colores claros, limpiar las fuentes de luz y cambiar las bombillas deterioradas.

La iluminación de la zona de trabajo puede ser:

- *General*.- Mediante lámparas de techo o pared y claraboyas, que proporcionan una cantidad de luz uniforme, independiente de los puestos de trabajo.
- *Localizada*.- Que se aplica cuando el trabajo lo requiere, independiente de la iluminación general.

1.6 Ventilación

Un edificio bien diseñado debe establecer un equilibrio entre la salud y las necesidades de los futuros ocupantes, la estética y la eficacia energética. Por ello, conocida la actividad y proceso de producción que se efectuará, deberá estudiarse el sistema de ventilación más adecuado.

Los pasadizos de circulación deberán contar con iluminación natural y artificial de 100 luxes, así como iluminación de emergencia.

Una buena ventilación debe proporcionar suficiente aire fresco para diluir los contaminantes que se generan dentro del edificio y, a su vez, conseguir el mayor ahorro energético.

Es difícil encontrar suficiente ventilación en un edificio, así como una adecuada distribución del aire; por ello, las emanaciones de polvo, humo, gases, etc., deben controlarse mediante su captación en los puntos donde se generan.

Los sistemas de ventilación/climatización tienen dos funciones primordiales: por un lado, suministran aire fresco en cantidad y calidad suficientes, y por otro, modifican las condiciones termohigrométricas del aire exterior que se introduce en un edificio para conseguir un clima confortable en el interior.

Es importante resaltar que en estos equipos se pueden dar las condiciones idóneas para el crecimiento y dispersión de los microorganismos o agentes biológicos, debido a que estos fueron transportados por el agua destinada a la humidificación, por el aire exterior o por el aire reciclado.

Por ello, es conveniente establecer un programa de limpieza y control periodico de los equipos, reparar de inmediato cualquier fuga de agua dentro del sistema de ventilación y suministrar suficiente aire fresco, entre otros.

2. Servicios relativos al material

El material es el elemento principal del proceso, pues se transporta, procesa y almacena; por ello, existen actividades paralelas que deben desarrollarse dentro de la planta. Estas actividades son servicios que se realizan sobre el material, como control de calidad, análisis de laboratorio, cuidado sobre el impacto ambiental, etc.

2.1 Control de calidad

Para lograr un proceso ágil y cumplir en forma oportuna con las entregas de productos de calidad a los clientes, el material requiere del control de calidad, el control de producción y un tratamiento adecuado de los desperdicios; los dos últimos son el resultado de la operatividad del plan de producción propuesto por la gerencia e implica el control de inventarios y una adecuada asignación de lugares de espera para el material de desecho, desperdicios y elementos defectuosos.

El control de calidad necesita estaciones específicas de trabajo y áreas de inspección especiales. El control de la calidad requiere de instalaciones en forma de espacio de trabajo, instrumentos de laboratorio y suministros. Su idoneidad es decisiva para alcanzar los objetivos de validez y considerar los costos establecidos.

El control de calidad necesita estaciones específicas de trabajo y áreas de inspección especiales. El control de la calidad requiere de instalaciones en forma de espacio de trabajo, instrumentos de laboratorio y suministros. Su idoneidad es decisiva para alcanzar los objetivos de validez y considerar los costos establecidos.

La responsabilidad de la disponibilidad de estas instalaciones recae en los supervisores del control de calidad, los laboratoristas y el personal de la planificación de la producción.

La planificación de las acciones que van a llevarse a cabo comienzan con la determinación de las actividades del proceso de elaboración de los productos, que requieren las inspecciones y los ensayos que exigen las materias primas, los materiales en procesos y los productos terminados. Después se definen cuáles serán los métodos para realizar dichas inspecciones y ensayos. Finalmente se detallan los espacios físicos, la distribución, el equipo y el personal.

Uno de los factores decisivos para las zonas de inspección es el espacio para la circulación física, que facilite el trabajo de los inspectores; por ejemplo, el muestreo de los materiales que se están recibiendo.

En el control de los materiales en proceso, los inspectores se desplazan hacia la zona de trabajo, pasando la mayor parte de su tiempo entre máquinas y recopilando información en formatos en estaciones situadas en las zonas de producción.

En la inspección final, los inspectores suelen estar en un lugar estable, debido al carácter fijo de las instalaciones de prueba.

Responsabilidad sobre la calidad de acuerdo con el tipo de distribución de planta

Por posición fija	La calidad es responsabilidad directa de los operarios individualmente.
Por proceso	El control de calidad tiene lugar en un departamento diferente para cada operación. Generalmente hay inspección sobre el terreno, mediante rondas. Deberá establecerse procedimientos para la trazabilidad de los productos.
En línea	Difícil de fijar las responsabilidades sobre calidad. El trabajo mal hecho interrumpe la línea. Ello requiere, generalmente, de la existencia de puestos de reparación en línea, inspección descentralizada con inspectores que sigan el ritmo de producción y, sobre todo, que fomenten el autocontrol.

2.2 Laboratorios para la planta

Existen en las industrias laboratorios de pruebas de numerosas especialidades: química, bacteriológica, física, electrónica, entre otros. Cada uno de ellos precisa contar con instrumentos propios y servicios auxiliares en su entorno específico.

Con algunas excepciones, las instalaciones de laboratorio son fijas; es decir que las muestras para ensayos se llevan hacia estas.

Para el diseño del lugar de trabajo se deben tener en cuenta ciertas exigencias. He aquí algunas:

- Seguridad del personal.
- Un lugar confortable y atractivo para el personal.
- Circulación de materiales con fluidez y sin obstáculos
- Considerar las contingencias del caso.
- Flexibilidad, adaptación práctica de los cambios (nuevos productos, mejores métodos, cambio de tecnología).
- Optimización del costo total de inspección.

Además de los cuartos de trabajo del laboratorio necesarios para las pruebas, se deberá disponer de un espacio para el jefe y los ayudantes.

Algunas veces es necesario contar con un espacio aislado, con aire acondicionado para el equipo de análisis, como los espectrofotómetros. La ventilación correcta del laboratorio constituye, generalmente, un problema que requiere de un estudio considerable.

2.3 Consideraciones sobre impacto ambiental

La industria es una actividad fundamental que contribuye, en gran medida, al desarrollo y bienestar humano. Sin embargo, los procesos industriales implican la transformación de materias primas en productos elaborados, generando invariablemente una serie de residuos que, descargados al medio, contaminan, alteran y degradan la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, el clima y, lo más importante, afectan a la población humana. Existen, además, otras formas adicionales de contaminación generadas por la industria, como son los olores, los ruidos y las vibraciones, las emisiones luminosas, la alteración del paisaje y la estética visual, entre otros. Pero el desequilibrio ecológico, físico y biológico generado por la industria no solo se produce durante su funcionamiento, sino también como consecuencia de su construcción: preparación y limpieza del terreno, compactación del suelo, destrucción de la vegetación, perturbaciones sobre las poblaciones animales, destrucción del patrimonio natural, histórico-artístico y arqueológico, etc.

Existen, además, otras formas adicionales de contaminación generadas por la industria, como son los olores, los ruidos y las vibraciones, las emisiones luminosas, la alteración del paisaje y la estética visual, entre otros.

Por ello, surge la necesidad de identificar interpretar y prevenir, desde un principio, todas las perturbaciones y contaminaciones que se deriven del ejercicio de una actividad industrial, así como sus incidencias sobre el medio ambiente y sobre el bienestar humano.

El instrumento adecuado para la preservación del medio, recomendado por organismos nacionales e internacionales, entre ellas la United States Environmental Protection Agency (USEPA), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), la Unión Europea y otras, es la evaluación del impacto ambiental.

La OCDE define el término "residuo" como aquellos materiales generados en las actividades de producción, transformación y consumo que no han alcanzado, en el contexto en el que son generados, ningún valor comercial.

La OCDE define el término "residuo" como aquellos materiales generados en las actividades de producción, transformación y consumo que no han alcanzado, en el contexto en el que son generados, ningún valor comercial.

Se debe conceder la máxima importancia a la naturaleza y la composición química de los residuos en solución, porque de ellas dependerá el tratamiento al que se someterán los residuos para evitar un mayor impacto en el medio ambiente y revalorizar así el sector industrial.

Los residuos son clasificados en:

- *Residuos sólidos urbanos*.- Son generados por cualquier actividad en los núcleos de población o en sus zonas de influencia.
- *Residuos industriales*.- Los residuos industriales son los materiales resultantes del proceso de transformación de las materias primas, la elaboración o la limpieza, cuyo productor decide eliminar. Atendiendo a su gestión se pueden subdividir en:
  - *Residuos inertes*.- Escorias, escombros, arena y todos aquellos que no necesitan una previa transformación para ir a los rellenos sanitarios.
  - *Residuos asimilables a urbanos*.- Generados en las actividades auxiliares de la industria: oficinas, sanitarios, comedores, etc. Tienen características similares a las de los residuos urbanos.

– *Residuos tóxicos y peligrosos*.- Son materiales sólidos, pastosos, líquidos y gaseosos que contienen en su composición alguna sustancia o material en cantidades o concentraciones tales que representen un riesgo para la salud humana y los recursos naturales.

- *Residuos hospitalarios*.- Son los generados por las actividades en hospitales, clínicas o postas médicas. Muchos de ellos se incluyen como residuos urbanos.
- *Residuos de actividades mineras*.- Son aquellos materiales no aprovechables que se forman en las extracciones mineras o de canteras. Su grado de toxicidad o peligrosidad está determinado por el tipo de material extraído y por la cantidad contenida en los residuos.
- *Residuos forestales*.- Son aquellos restos forestales procedentes de las operaciones de la extracción.
- *Residuos agrícolas*.- Raíces, hojas y frutos que se descomponen en el suelo y mejoran sus propiedades agronómicas.
- *Residuos ganaderos*.- Su utilización preferente es como abono para la agricultura.
- *Residuos radiactivos*.- La toxicidad de los residuos radiactivos se encuentra en las radiaciones ionizantes que emiten los radionúcleos que contienen los residuos.

Las instalaciones del tratamiento emplean un proceso por medio de incineración, recipientes cerrados de combustión controlada para destruir residuos tóxicos por vía térmica.

La técnica de la estabilización mezcla los materiales y los residuos para facilitar la manipulación y características físicas de los residuos, reduciendo la movilidad de las sustancias contaminantes de un relleno sanitario.

Los procedimientos de tratamiento biológico recurren a microorganismos para degradar los residuos orgánicos.

Entre las instalaciones para el vertido en terrenos están los rellenos sanitarios, que son emplazamientos permanentes, en forma de zanjas relativamente profundas o depósitos en la pendiente del terreno, donde se depositan los residuos tóxicos.

Otra forma son los pozos de inyección profunda, que se componen de una tubería inyectora rodeada por varios revestimientos concéntricos formados por anillos construidos con cemento y fluidos no corrosivos.

Los tipos de instalaciones dedicados a la gestión de residuos tóxicos se encuentran clasificados las siguientes categorías:

– *Instalaciones de recuperación y reciclado*.- Dedicadas a la recuperación de materiales y sólidos vendibles (disolventes aceites) o a la recuperación de energía a partir de residuos.
– *Instalaciones de tratamientos*.- Alteran las características químicas de los residuos o degradan o destruyen sus componentes bajo métodos físicos, químicos, térmicos o biológicos.
– *Instalaciones para el vertidor.*- Son los emplazamientos permanentes para residuos superficiales o subterráneos.

Las instalaciones para la recuperación de disolventes emplean tecnologías como la filtración, la evaporación simple, la centrifugación, la depuración y la destilación.

Para la recuperación de metales, las tecnologías empleadas son las pirometalúrgicas e hidrometalúrgicas. El proceso de recuperación de aceites lubricantes se realiza a través de la depuración.

3. Servicios relativos a la maquinaria

3.1 Instalación eléctrica

La instalación eléctrica deberá proyectarse y realizarse de acuerdo con los requerimientos de la planta, de modo que no ofrezcan peligro de incendio o de explosión y que las personas que manipulen equipos eléctricos se encuentren protegidas contra riesgos de accidentes causados por contactos directos o indirectos. Por ello, será importante realizar una revisión de los requerimientos técnicos de la maquinaria y equipo.

3.2 Sala de calderas

Generalmente, las calderas se sitúan en áreas apartadas de las zonas de trabajo. Al diseñar estas áreas deberá tomarse en cuenta, además de las necesidades de mantenimiento, un espacio suficiente alrededor del equipo para facilitar la sustitución de elementos.

El diseño de las instalaciones eléctricas deberá realizarse de acuerdo con el Código Nacional de Electricidad; asimismo, los equipos por instalarse deberán cumplir con las disposiciones de este Código.

La sala de calderas debe estar provista de una buena iluminación, así como de sus controles e instrumentos indicadores, para facilitar la lectura del operador.

Se podría disponer de carteles, en la puerta de la sala, donde se indique el procedimiento que se va a seguir en casos de emergencia.

3.3 Área de mantenimiento

El mantenimiento se caracteriza por el desarrollo de un servicio a favor de la producción. Su tarea involucra el control constante de las instalaciones, así como la supervisión de los trabajos de reparación y revisión de la máquina y equipo para garantizar su funcionamiento continuo.

Por razones de costo y de productividad es más conveniente mantener la capacidad de funcionamiento de los recursos físicos, actuando en forma preventiva antes de que se produzca la avería.

Los tipos de mantenimiento están clasificados en: mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo. Estas actuaciones responden a distintos criterios, pueden aplicarse en mayor o menor medida según la eficacia que evidencien en cada caso.

Por ejemplo:

- Sustitución de componentes según determinados criterios preestablecidos (mantenimiento preventivo).
- Acciones de mantenimiento con las instalaciones en marcha (engrases, inspecciones).
- Acciones de mantenimiento según estado o condición del equipo (mantenimiento predictivo).
- Reparación de averías que permanecen con carácter residual (mantenimiento correctivo).

3.4 Depósitos de herramientas

Las herramientas, los dados y los suministros se pueden almacenar localmente (en las máquinas).

En instalaciones grandes puede haber más de un depósito para reducir al mínimo el tiempo de desplazamiento de los empleados.

Cada depósito debe tener dos ventanas de servicio para reducir el tiempo de espera.

El espacio que se ahorra por el uso de un depósito central no es, quizá, tan importante como el mejoramiento del control de inventario, pues este permite detectar robos así como conocer el *stock* de herramientas.

Los sistemas de seguridad contra incendio dependen del tipo de riesgo de la actividad industrial que se desarrolla en la edificación. El número de hidrantes y extintores deberá concordar con la peligrosidad de los productos y los procesos.

El mantenimiento de estos ambientes es importante para salvaguardar la salud del personal, por lo tanto, deben estar bien limpios, iluminados y ventilados.

3.5 Protección contra incendios

De acuerdo con las características del edificio y de los equipos, así como del número de personas que ocupan las diferentes áreas, se adoptarán las medidas para la prevención de incendios.

El objetivo de prevenir un incendio es lograr que el personal, la maquinaria, los materiales y el local no sufran ningún deterioro.

La protección consiste en minimizar los riesgos, poniendo en práctica algunos de los siguientes puntos:

- Limpieza y el orden de las estaciones de trabajo.
- Adecuada disposición del equipo contra incendios.
- Instrucción al personal para evitar que cometan acciones riesgosas que puedan provocar un incendio.
- Conocimiento de los medios necesarios para la evacuación del área siniestrada.

El ingeniero industrial que emprenda una disposición de planta deberá considerar:

- Que las puertas siempre abran hacia afuera.
- Que las salidas no estén bloqueadas ni obstruidas.
- Que se inspeccionen las salidas de emergencia.
- Que se disponga de lugares adecuados para colocar el equipo contra incendios.

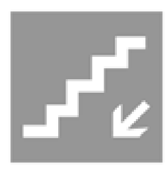
Los procedimientos de prevención del fuego deben contemplar en especial las siguientes situaciones:

- Manipulación y almacenamiento de líquidos o gases, inflamables y combustibles.
- Manipulación y almacenamiento de materiales peligrosos.
- Sistemas de permiso de trabajo con equipo protector de chispa o llama abierta.
- Organización adecuada de cables eléctricos portátiles.
- Disposición de un área dedicada a fumadores.

Deben desarrollarse procedimientos de mantenimiento en los siguientes puntos:

- Servicios de vapor, gas y eléctrico.
- Sistemas de extracción y aumento de aire.
- Equipo de protección contra el fuego.
- Detectores y alarmas.
- Válvulas de liberación de presión y temperatura.
- Sistema de disposición de residuos, entre otros.





Escaleras descendentes

Seguridad, primeros auxilios



Alta temperatura



Baja temperatura



Caída a diferente nivel



Agua no potable



Peligro de muerte



Peligro de tropezar



Materias inflamables



Cargas suspendidas



Riesgo eléctrico



Materias radioactivas

Atención, zona de riesgo

4. Servicios relativos al edificio

4.1 Señalización de seguridad

La señalización relaciona un objeto o una situación determinada, suministrando una indicación relativa de seguridad por medio de un color o una señal.

Los colores empleados deben llamar la atención, indicar la presencia de peligro y facilitar su rápida identificación. Los colores por emplear y su significado se relacionan en la tabla siguiente:

Color	Significado	Aplicación
Rojo	Parada Prohibición Equipos de lucha contra incendios	Señal de parada Señal de prohibición
Amarillo	Atención Zona de riesgo	Señalización de riesgos Señalización de umbrales, pasillos, obstáculos, etc.
Verde	Situación de seguridad Primeros auxilios	Señalización de pasillos y salidas de socorro. Duchas de emergencia, puestos de primeros auxilios y evacuación.
Azul	Obligación Indicaciones	Medidas obligatorias Emplazamiento de teléfono, talleres, etc.

Fuente: Fundación Mapfre, 1992.

Simbología por colores para seguridad

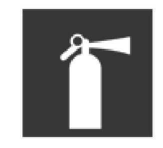


Prohibido el paso de montacarga



Prohibido fumar

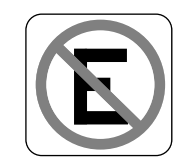




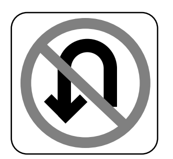
Extintor



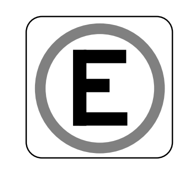
Prohibido vuelta a la derecha



Prohibido estacionarse



Prohibido el retorno



Estacionamiento prohibido en corto periodo dentro de un horario

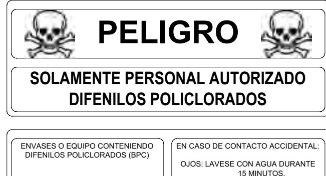


Prohibido el paso a peatones



Entrada prohibida a personas no autorizadas

Parada, prohibición, equipos de lucha contra incendios



Tarjeta para uso de elementos tóxicos

El real decreto 1.403/86, citado por la Fundación Mapfre, establece y delimita cuáles pueden ser las posibles combinaciones de colores, indicados en la siguiente tabla:

Color		
Seguridad	**Contraste**	**Del símbolo**
Rojo	Blanco	Negro
Amarillo	Negro	Negro
Verde	Blanco	Blanco
Azul	Blanco	Blanco

Colores y controles de la Fundación Mapfre

En las señales de advertencia, obligación, salvamento e indicativos, el color de contraste se emplea tanto para el símbolo como para el reborde exterior de la señal.

Es muy efectivo utilizar colores para resaltar máquinas, elementos constructivos o de cualquier instalación; al pintar la maquinaria y equipo se consigue identificarla y resaltar aquellas partes o piezas que puedan presentar peligro y evitar así posibles accidentes.

Por ejemplo, podemos citar el color amarillo que se utiliza para pintar los comandos de las máquinas (palancas, volantes de acción a mano, etc.) y estructuras de los equipos móviles de transporte elevado. El color amarillo y negro se usa para las partes anteriores y posteriores de los equipos de transporte, parachoques de los vehículos motorizados, entre otros. El color blanco, para lugares de estacionamiento y parada de vehículos, y franjas que limiten las áreas de almacenamiento de materiales.

- Aviso de seguridad
  Definido como cualquier superficie sobre la cual se aplican marcas o letras que sirven como advertencia o recordatorio de seguridad.
  Para su confección se han considerado las siguientes pautas:
  - Mensajes breves y concretos.
  - Ha de ser factible su cumplimiento.
  - La obligación se indicará con verbos en futuro.
  - Los verbos en condicional indicarán sugerencia.
  - Se emplean colores para llamar la atención o advertir.
- Señalización acústica
  Se refiere a la emisión de señales sonoras a través de altavoces, sirenas, timbres o cualquier otro artefacto sonoro que informa un determinado mensaje a las personas que están alrededor. Estos mensajes pueden advertir:
  - Incendio y explosión.
  - Anomalías en el proceso de producción.
  - Atropellos y golpes por equipos móviles.
  - Escapes de productos químicos.
  - Desplomes, derrumbamientos y caídas de objetos.
  - Radiaciones.

4.2 Importancia de un ambiente de calidad en el trabajo

Los resultados de una empresa exitosa dependen mucho de la calidad del ambiente en el cual se desarrollan.

Las empresas en cuyos ambientes reina el desorden, la suciedad, las condiciones físicas y psicológicas adversas, son terrenos propicios para los accidentes, así como para la lentitud, la improvisación y la calidad deficiente en el trabajo.

La metodología de las cinco S como una respuesta a la necesidad de desarrollar planes de mejoramiento del ambiente de trabajo, integra nueve conceptos fundamentales en torno a los cuales los trabajadores y la empresa pueden lograr las condiciones adecuadas para producir con calidad bienes y servicios.

	Español	Japonés	*Comience en su sitio de trabajo*
Con las cosas	Clasificación	**S**eiri	**1** Mantenga solo lo necesario
	Organización	**S**eiton	**2** Mantenga todo en orden
	Limpieza	**S**eiso	**3** Mantenga todo limpio
Con usted mismo	Bienestar social	**S**eiketsu	**4** Cuide su salud física y mental
	Disciplina	**S**hitsuke	**5** Mantenga un comportamiento confiable

Las cinco S de la metodología japonesa

La calidad comienza "por casa", en el sitio de trabajo.

Una de las necesidades de los seres humanos es disponer de espacios y entornos adecuados para el desarrollo de las diferentes actividades de su vida, una de las cuales es el trabajo; la carencia de estos espacios produce insatisfacción o "pobreza de ambiente". Por eso, hay sitios para correr, dormir, divertirse, estudiar y los hay para realizar diferentes trabajos. En consecuencia, es responsabilidad de la empresa y de los trabajadores organizar, mantener y mejorar permanentemente los lugares de trabajo, para lograr por este medio mejoras en los índices de productividad y calidad.

Una práctica adecuada de estos conceptos ahorrará costos futuros causados por el deterioro de las instalaciones por falta de limpieza y orden.

A continuación presentamos los criterios de evaluación propuestos por el centro de calidad del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM).

5s	Aspecto	Rango				
		0	5	10	15	20
Clasificación	Objetos de cualquier clase en los pasillos	Hay todo tipo de polvo, basura o desperdicios	Se puede caminar a través de ellos, pero esquivando obstáculos. No hay libre circulación	Hay objetos apilados en los pasillos	Aunque hay objetos apilados en el pasillo, existen letreros de precaución	Los pasillos están libres de obstáculos
	Área de trabajo (oficinas)	Se dejan objetos más de un mes, de manera desordenada	Se dejan objetos más de un mes, pero no estorban; especialmente en los rincones	Se dejan artículos que serán utilizados durante el mes; no estorban	Comenzó un procedimiento de control con base en el concepto *Justo a tiempo*	Se implementa de manera total el concepto *Justo a tiempo*
	Escritorio, mesa o banco de trabajo	Se halla basura, sobrantes u objetos inservibles encima, debajo o en los cajones	Se encuentran herramientas, partes o elementos rotos o inservibles	No se discrimina qué está listo para usarse y qué no	Se encuentran los mismos objetos por una semana, sobre la mesa o banco de trabajo	Solo se guarda el mínimo de artículos que se necesitan
	Estantes	Papelería y material de trabajo disperso y desordenado	Se encuentra papelería, diagramas, planos o partes inservibles	Se han definido lugares para guardar, pero no se actúa conforme a ello	Existen lugares definidos para guardar artículos, pero sin administración conveniente de entrada/salida	Para cualquier persona es fácil encontrar algo y guardarlo después de su uso
	Almacén	No se puede entrar	Se almacena al azar	Se han definido lugares para guardar cada cosa, pero no se actúa conforme a ello	Existen lugares definidos para guardar cada cosa, pero sin administración conveniente de entrada/salida	Se implementa de manera total el concepto *Justo a tiempo*

Criterio de evaluación (clasificación)

5s	Aspecto	Rango				
		0	5	10	15	20
Organización	Papelería	Papelería nueva y vieja se guarda mezclada de cualquier manera	Si se tiene tiempo, se puede conseguir, porque está en archivos particulares	Hay lugares definidos para guardar, pero no se utilizan	Se puede obtener a través de sistemas mecanizados	Se utilizan procedimientos de control visual en el sistema de archivos
	Maquinaria	Todavía se encuentra en las instalaciones, equipo obsoleto o deteriorado	Se mezclan máquinas que sirven con las que no sirven	Solo el equipo que puede servir está en el piso.	Al equipo se le da mantenimiento por prioridades y por frecuencia de uso	El estado del mantenimiento se indica visualmente sobre la maquinaria
	Herramientas o elementos de trabajo	Todavía se encuentran herramientas obsoletas o deterioradas	Se mezclan herramientas que sirven con las que no sirven	Solo las herramientas que pueden servir están disponibles	A las herramientas se les da mantenimiento por prioridades y por frecuencia de uso	El estado del mantenimiento se indica visualmente sobre las herramientas o elementos
	Ilustraciones, planos y diagramas (procedi-mientos de operación)	Por todos lados hay diagramas viejos y papeles que sobran	Los diagramas que se utilizan están en archivo	Los diagramas manchados o rotos se reemplazan por otros	Cada diagrama se protege con plástico para evitar que se rompa	Existe un sistema de identificación para ubicar el diagrama en un máximo de tres minutos
	Componentes (partes)	Está mezclado lo que sirve con lo que no sirve	Se identifica, por su ubicación, lo que sirve y lo que no sirve	Solo lo que sirve se almacena para ser protegido de daños o de corrosión	El sitio de almacenamiento cuenta con identificación, para tener información y conocer el estado del inventario	Existen ayudas visuales para identificar claramente su ubicación y estado

Criterio de evaluación (organización)

5s	Aspecto	Rango				
		0	5	10	15	20
Limpieza	Pasillos	Se encuentran tiradas colillas de cigarros papeles, latas y otros desperdicios	No hay basura a la vista, pero se observa polvo y algo de suciedad	Se limpia cada mañana	Se limpia o se recoge cuando algo se ve sucio o tirado	Se generan ideas para mantener los pasillos en buen estado
	Puestos de trabajo (paredes y pisos)	Se encuentran tiradas colillas de cigarros, papeles, latas y otros desperdicios	No hay basura a la vista, pero se observa polvo y algo de suciedad	Se limpia cada mañana	Se limpia o se recoge cuando algo se ve sucio o tirado	Se generan ideas para mantenerlos en buen estado
	Mesas, sillas (bancos de trabajo)	Nunca se limpian porque hay muchas cosas encima	Hay mucho polvo y mugre sobre la mesa o banco de trabajo	Se limpia cada mañana	Se limpia no sólo por encima, sino también por los lados; además, se reparan	Al terminar la jornada, se deja despejada la mesa o el puesto de trabajo
	Ventanas (marcos y vidrios)	Los vidrios están rotos y se les ha hecho un remiendo provisional	Los vidrios están manchados y se está acumulando polvo y hay suciedad en ellos	Los vidrios están ligeramente manchados, pero los marcos no tienen polvo	Los vidrios y marcos están muy limpios	Se disfruta de una adecuada iluminación natural, que favorece la salud
	Equipo (maquina-ria)	Algunas máquinas están oxidadas	No están oxidadas, pero sí con mucha grasa y suciedad	El área de operación está limpia, pero otras áreas aún están sucias	No hay rebabas en el piso y el equipo se mantiene limpio	Hay limpieza y se ha instalado un aparato que impide la acumulación de rebabas

Criterio de evaluación (limpieza)

5s	Aspecto	Rango				
		0	5	10	15	20
Bienestar personal	Seguridad en corredores y pasillos	No hay líneas demarcadas para el paso de los trabajadores	Áreas de tránsito y almacenaje claramente distinguidas	Líneas de color instaladas	Pasillos siempre limpios, que producen una sensación confortable	Cualquiera que entra a los sitios de trabajo, identifica fácilmente dónde está
	Piso	Derrames o charcos de agua o aceite	Manchas por fugas de aceite	Se limpia en el momento en que se derrama aceite, pero hay huecos sin reparar	Se cuenta con aparatos para prevenir los derrames de aceite	Las áreas reparadas son casi irreconocibles gracias a la pintura
	Mesa y sillas (de trabajo)	Tan sucias que se duda en sentarse en ellas o en usarlas	Se asean algunas veces, pero no invitan a sentarse o a usarlas	Poco manchadas, pero se preferiría no usarlas	Cualquiera puede de usarlas o sentarse en ellas	Se puede pedir con orgullo a los clientes que las usen o se sienten
	Comedor o sitio para café	Piso, sillas y mesas sucios	Mal olor, aunque el lugar está limpio	Se tiene la sensación de un ambiente limpio y confortable	Luz, ventilación, temperatura y tranquilidad suficientes para comer	Todo funciona bien; parece el comedor de nuestra casa
	Ambiente (luz, ventilación)	Poco confortable para trabajar (poca luz, ruidoso, caliente)	Al menos, tiene las mínimas condiciones necesarias para trabajar	Se puede trabajar todo el año sin ninguna incomodidad	Ventilación, temperatura, ruido y humedad, adecuados para trabajar	Todo funciona bien; como en la propia casa
	Baños	Sanitario, lavabos y piso sucios	Mal olor, aunque el lugar está limpio	Se tiene la sensación de un baño limpio e higiénico	Suficiente luz y ventilación antiolores	Buen funcionamiento; atmósfera como en casa

Criterio de evaluación (bienestar personal)

5s	Aspecto	Rango				
		5	10	15	20	25
Disciplina	Comprensión acerca de la metodología	No se entiende por qué se requiere de las 5S	Una vez hechas las explicaciones, se siguen las instrucciones	Comprensión de las metas de la empresa	Se cumple con las metas y se dan a conocer a cada trabajador	Se establecen metas propias: qué hacer y cómo hacerlo
	Vestido (uniforme)	Uniformes o ropa sucios	A veces se han encontrado vestidos sin botones	Siempre se usa gafete en las áreas especificadas	Uniformes y zapatos siempre limpios	Se limpian incluso las suelas de los zapatos, para mayor calidad del producto
	Comportamiento (actitud en algunos aspectos)	Se fuma mientras se camina por las instalaciones	No se observa personal fumando pero se encuentran colillas	Se dispone de ceniceros solo en áreas especiales	Se han instalado ceniceros grandes	Solo se fuma en horas y lugares especificados: y siempre hay limpieza
	Conciencia del tiempo	A nadie le importa la puntualidad	Cierto personal aún no tiene conciencia del tiempo	Cuando no se puede cumplir con lo programado, a cada quién se le avisa con anticipación	Se exige puntualidad tanto para empezar como para terminar las juntas	Siempre hay puntualidad tanto para juntas como para cualquier otra cosa
	Puesta en práctica de las 5S	Se ignora cómo aplicar los procedimientos de las 5S	A veces se hace limpieza	Se han explicado las 5S y se ha entendido en qué consisten y cómo ponerlas en práctica	Se han puesto en práctica las metas de las 5S, después de la instrucción o entrenamiento	Conceptos aplicados en tal forma que se puedan controlar visualmente

Criterio de evaluación (disciplina)

PROBLEMA PROPUESTO

1. Recomiende algunos servicios que debería tener la planta para estos casos:

1. Si se trabaja con sustancias tóxicas.
2. Para guardar carteras, mochilas, ropa personal.
3. Para cubrir necesidades fisiológicas o de fatiga.
4. En caso de accidentes.
5. Para la espera de los clientes.
6. Para realizar actividades que refuercen la cultura organizacional.

Capítulo

12 Factor medio ambiente

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- Impacto ambientale
- Gestión ambiental
- Producción más limpia
- Costos ambientales

En la actualidad, las empresas deben introducir la variable ambiental como un factor decisivo para la aprobación de proyectos industriales. Siendo así, este capítulo se orienta a brindar una información general para su análisis.

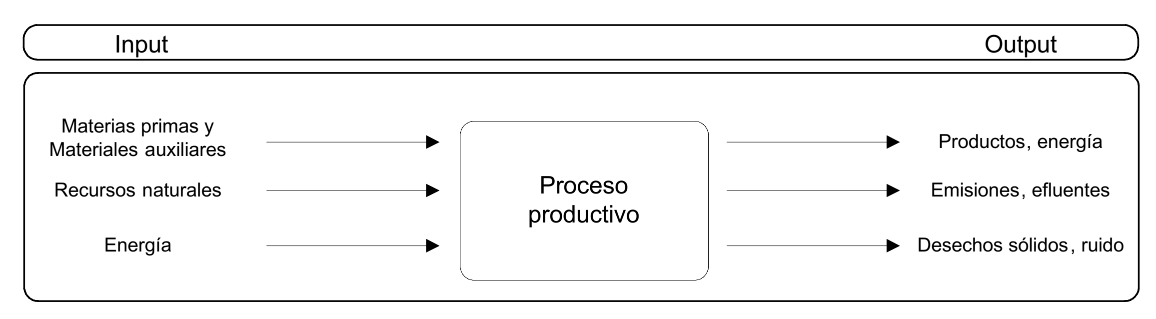
Para el caso de plantas ya existentes, la producción más limpia se presenta como una alternativa de aplicación exigida por las entidades gubernamentales.

1. Impacto ambiental

La contaminación ambiental es un problema que se inicia con las actividades desarrolladas por el ser humano para satisfacer sus necesidades: la recolección, la caza, la pesca y el descubrimiento del fuego son las primeras actividades que generaron impactos ambientales.

Más adelante, el desarrollo del ser humano y los descubrimientos científicos dan lugar a la Revolución Industrial, hecho que acelera la contaminación ambiental, pues se pasa de una producción artesanal a una producción industrial que promueve la elaboración de productos en grandes cantidades y la implementación de sistemas de producción masivos, con el fin de reducir los costos de producción y atender la creciente demanda de productos industrializados.

Este tipo de desarrollo, que solo introducía la necesidad de producir más y más económicamente, no incorporaba la variable ambiental dentro de la gestión de las compañías, generando principalmente en países desarrollados, severos problemas ambientales, ya sea por causas puntuales de ciertas empresas o por la sinergia de diversos problemas de contaminación. Estos procesos productivos requerían de insumos, recursos naturales y energía para obtener productos, provocando paralelamente desechos y otro tipo de emisiones, como se muestra en el siguiente gráfico.



La necesidad de fuentes de energía llevó a la industria a la utilización de la leña, del carbón y de combustibles basados en petróleo. Por otro lado, el uso de los minerales impulsó fuertemente la explotación minera y la instalación de plantas metalúrgicas, que contaban con grandes chimeneas por las que se eliminaban los humos de los hornos de fundición. En este primer momento no se avizoraba el gran problema del deterioro de nuestro ecosistema por las partículas sólidas emitidas al ambiente, por los relaves, por las aguas residuales del proceso metalúrgico y por el calentamiento de la atmósfera.

La quema de combustibles fósiles y otras actividades humanas asociadas al proceso de industrialización tienen como consecuencia la concentración de estos gases en la atmósfera. Esto ha ocasionado que la atmósfera retenga más calor de lo debido y es la causa de lo que hoy conocemos como el calentamiento o cambio climático global.

1.1 Consecuencias del calentamiento global

- En el clima: Ha ocasionado un aumento en la temperatura promedio de la superficie de la tierra.
- En la salud: El aumento en la temperatura de la superficie de la Tierra trae como consecuencia un aumento de las enfermedades respiratorias y cardiovasculares, de las enfermedades infecciosas causadas por mosquitos y plagas tropicales, y la postración y deshidratación debidas al calor.
- En la calidad de las aguas superficiales: El nivel de agua en los lagos y ríos disminuye debido a la evaporación adicional causada por el aumento en la temperatura.
- En la calidad de las aguas subterráneas: Como consecuencia del aumento de la temperatura, el nivel freático baja debido a la evaporación y disminuye la cantidad de agua disponible en el acuífero.
- En los ecosistemas terrestres: Como consecuencia del calentamiento global, la región tropical se extenderá hacia latitudes más altas y la región de bosques de pinos se extenderá hacia regiones que hoy forman parte de la tundra y la taiga.
- En la agricultura: Los suelos se tornarán más secos y perderán nutrientes con mayor facilidad al ser removidos para la escarrentía.
- En la flora y la fauna: La vegetación y los animales característicos de cada región se verán afectados.

En la actualidad las empresas deben introducir la variable ambiental como un importante tema de su gestión; más aún, los nuevos proyectos industriales deberán incluir un capítulo completo sobre los posibles impactos ambientales del proyecto propuesto. Esta información es un requerimiento impulsado por la Unesco (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y por instituciones ligadas a la conservación del medio ambiente, y es relevante para el financiamiento del proyecto.

Esta información es un requerimiento impulsado por la Unesco (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y por instituciones ligadas a la conservación del medio ambiente, y es relevante para el financiamiento del proyecto.

La calidad de vida está directamente vinculada con la conservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible, que buscan satisfacer las necesidades del presente sin comprometer a las futuras generaciones.

2. Gestión ambiental

La gestión ambiental definida como el conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente, requiere de un enfoque interdisciplinario de la gestión global de una organización, que desarrolla, implanta, logra, revisa y mantiene la política ambiental.

Este enfoque interdisciplinario debe iniciarse desde el diseño del producto, la conformación del proceso y la implementación de la planta; ello obliga a un estudio cuidadoso de la disposición de planta de forma de no generar condiciones que impacten negativamente en el medio ambiente.

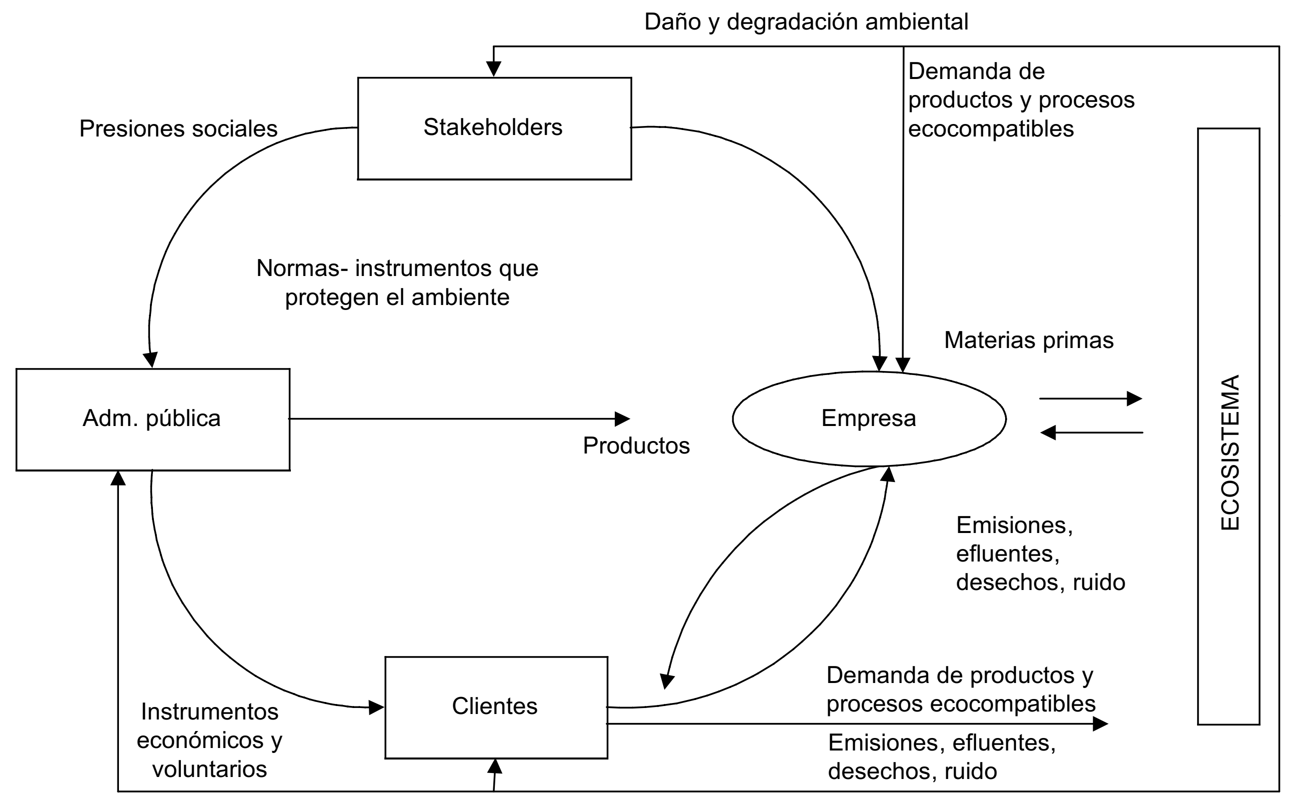
Como comenta Knight (2004: 12-18), en el siglo XXI se presentan cuatro tendencias ambientales que afectan a las grandes empresas en el mercado mundial:

- En la última década del siglo XX las empresas de gran envergadura empiezan a cambiar; pasan de ser principalmente reactivas a la creciente reglamentación ambiental a ser más preventivas en sus interacciones con el medio ambiente y a mejorar su desempeño ambiental, lo cual realizan no por cumplir con la normatividad ambiental, sino principalmente por razones económicas.
- Las partes interesadas en el desempeño ambiental de la empresa o *stakeholders*, que antes eran autoridad, y los vecinos directamente impactados, ahora empiezan a definirse de manera más amplia para incluir a los accionistas, clientes y proveedores de la cadena productiva, así como a las instituciones que financian o aseguran las empresas.
- Las empresas toman conciencia de nuevos conceptos, como la globalización del tema ambiental y su interrelación con la globalización del mercado, y, especialmente, y de las nociones de cambio climático, pérdida de biodiversidad y escasez de agua potable.
- 'Desarrollo sostenible', 'triple bottom line' y 'sostenibilidad' son conceptos que empiezan a formar parte del léxico de la alta dirección de empresas líderes que buscan un marco general estratégico y que incluye su responsabilidad social, el mejoramiento de su desempeño ambiental y una adecuada *performance* financiera para asegurar el futuro del negocio.

Para manejar sus negocios en medio de estas tendencias, las empresas líderes han ampliado el concepto de 'gestión ambiental'. Lo que antes era entendido como un grupo de especialistas en medio ambiente, dedi-

cados a asegurar el cumplimiento de la normativa y a reducir riesgos en las operaciones de la empresa, ahora incluye otros elementos de un verdadero sistema de gestión ambiental.

Este enfoque y su impacto en el ecosistema se puede explicar por la interacción de los diferentes agentes que intervienen en la gestión empresarial, como se muestra en el siguiente gráfico:



Fuente: Mori (2004).

En el ámbito internacional, la preocupación por las consecuencias que los cambios puedan tener en el medio ambiente, ha llevado a las organizaciones a desarrollar prácticas medioambientales, como es el caso de las series de normas ISO 14000, que establecen los lineamientos para implementar un sistema de gestión ambiental.

Dentro de esta familia de normas ISO 14000, la ISO 14001 es la única norma que se puede auditar.

Esta norma establece los requisitos para obtener una certificación del sistema de gestión ambiental y su adopción será una decisión estratégica propia de la empresa, que considerará los objetivos, las políticas, los procedimientos, los productos y el tamaño de la empresa.

Los pilares de la Norma ISO 14001 son:

- Política medioambiental.
- Planificación.
- Implantación y funcionamiento.
- Control y acción correctora.
- Revisión por la Dirección.

A continuación se describe sucintamente cada uno de ellos, indicando las acciones que la alta dirección y la organización deberán realizar.

- Política medioambiental
  La definición de la política medioambiental de la organización debe contener un compromiso de mejora continua y de cumplimiento con la legislación, debiéndose implantar y comunicar a todos los trabajadores del centro de trabajo.
- Planificación
  - La identificación de aspectos medioambientales de las actividades.
  - La identificación de los requisitos medioambientales legales a los que las actividades, productos o servicios están sometidos.
  - La evaluación de los aspectos medioambientales más significativos.
  - El establecimiento de los objetivos y las metas medioambientales para las funciones de los niveles más relevantes dentro de la organización.
  - El establecimiento de programas de gestión para lograr dichos objetivos, fijando responsabilidades y plazos.
  - La asignación de recursos.
- Implantación y funcionamiento
  - Fijar responsabilidades.
  - Formar y sensibilizar al personal.
  - Comunicar externa e internamente.
  - Preparar y tener al día la documentación.
  - Redactar un plan de emergencia.
- Control y acción correctora
  - Seguimiento y mediciones.
  - Corrigiendo las no conformidades.
  - Analizando los registros.
  - Realizando auditorias internas.
- Revisión por la Dirección
  - Revisión del avance del sistema de gestión medioambiental, corrección de desviaciones y fijación de nuevos objetivos en línea con el principio de mejora continua.
  - Realización de una auditoria de certificación.

La Norma ISO14001 proporciona a las organizaciones elementos para un Sistema de Gestión Ambiental que permite lograr y demostrar un desempeño ambiental válido por el control del impacto de sus actividades, productos y servicios sobre el ambiente, tomando en cuenta su política ambiental y sus objetivos.

La implantación de la ISO 14001 provee a las organizaciones de una ventaja competitiva, demostrando a sus clientes que sus procesos e impactos son manejados ambientalmente, con eficacia, bajo un mejoramiento continuo y el compromiso del sistema corporativo de la dirección de la empresa.

Disponer de un certificado ISO 14001 es una garantía del compromiso de las empresas con el desarrollo sostenible. Significa:

- Cumplir con las expectativas ambientales de los clientes para la certificación.
- Reducir el impacto ambiental.
- Mantener y mejorar las relaciones con la comunidad.
- Satisfacer el criterio de los inversores.
- Implementar una mejora continua.
- Mejorar el control de costos.
- Conservar las materias primas, el agua y la energía.
- Facilitar permisos y autorizaciones.
- Cumplir con las normas internacionales.

La nueva versión no introduce requisitos adicionales sobre los ya establecidos en la de 1996; la versión del 2004 es un esfuerzo por adecuar el texto de la norma a la realidad de los sistemas ya certificados.

A continuación se indican, de modo general, los cambios principales:

- Se enfatiza en lograr la eficacia del sistema para conseguir los resultados medioambientales óptimos.
- Se le da mayor importancia a la evaluación del cumplimiento de las disposiciones legales en materia ambiental.
- Se establece un alineamiento con los elementos comunes de la ISO 9001.
- Se ha mejorado la interpretación y entendimiento de la norma.
- Se requiere mayor implicación de los proveedores y subcontratistas en la gestión.

3. Producción más limpia

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (Onudi) define la producción más limpia como:

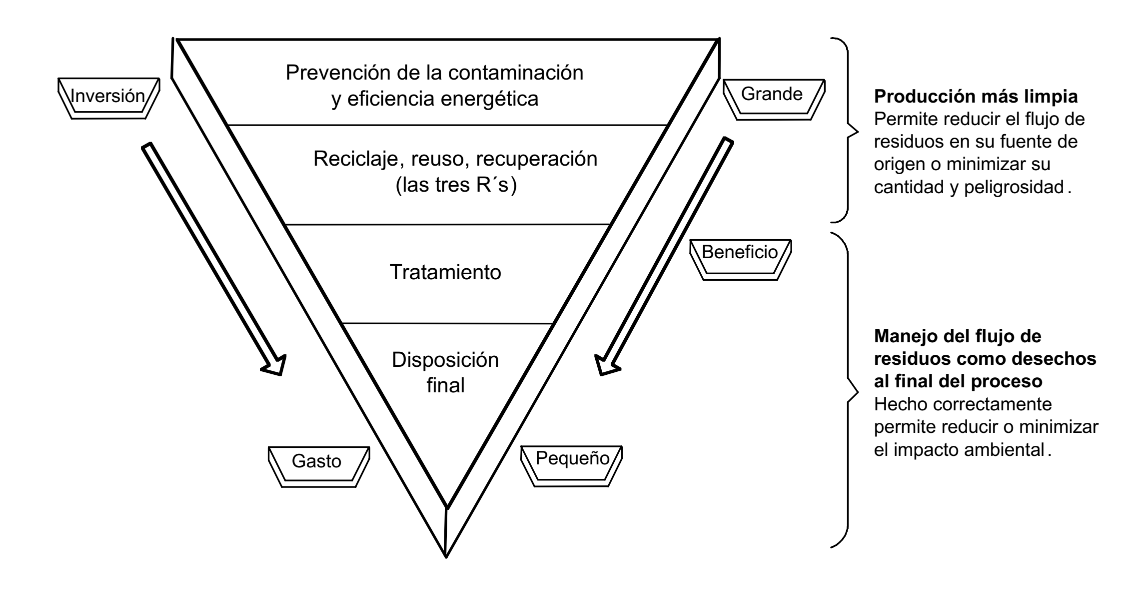
> Una estrategia preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente. En cuanto a los procesos, la producción más limpia incluye la conservación de las materias primas, el agua y la energía, la reducción de las materias primas tóxicas así como la reducción de la cantidad, tanto de la toxicidad como de la cantidad de emisiones y de residuos, que van al agua, la atmósfera y al entorno. En cuanto a los productos, la estrategia tiene por objeto reducir todos los impactos durante el ciclo de vida del producto desde la extracción de las materias primas hasta el residuo final; promoviendo diseños amigables acordes a las necesidades de los futuros mercados.

Este aspecto de prevención no ha sido tomado en cuenta antes por las industrias, debido a que solo se consideraban en los procesos actividades de control para solucionar problemas como las aguas contaminadas y la atmósfera tóxica, entre otros. Por lo tanto, esta estrategia de gestión busca y elimina la causa de la contaminación, la generación de residuos y el consumo de recursos mediante su sustitución, reciclando los materiales con procesos más eficaces. De esta manera, se garantiza la continuidad de la actividad productiva por el aumento de la eficiencia en los procesos productivos bajo una normatividad ambiental; por lo tanto, se le debe considerar como una fuente de oportunidades y no como un obstáculo.

La producción más limpia empieza interrogando si el producto o servicio satisfará una necesidad social importante; luego se diseña un método o proceso de producción que considere como factor importante el ecosistema y la comunidad donde va a desarrollarse. Por lo tanto, se verán aspectos sobre el tamaño y la localización; la selección, extracción y transporte de materiales; la distribución y comercialización de los productos finales, así como su uso por el usuario.

Como se observa, el estudio de la planta es una etapa importante para lograr la producción mas limpia. La infraestructura, las instalaciones efluentes y sus condiciones serán las bases para el estudio.

El manejo de efluentes puede realizarse también por etapas; el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS) de Bolivia propone un enfoque piramidal, que se muestra en la siguiente gráfica.



El enfoque piramidal para el manejo de efluentes
Elaboración: Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles de Bolivia (CPTS).

3.1 Implementación de producción limpia

Se podrá realizar la producción más limpia con la prevención y reducción de residuos en el origen, lo cual se logra con el uso racional de los recursos, la selección de materiales de menor impacto ambiental, las modificaciones al proceso y el cambio en los métodos de trabajo.

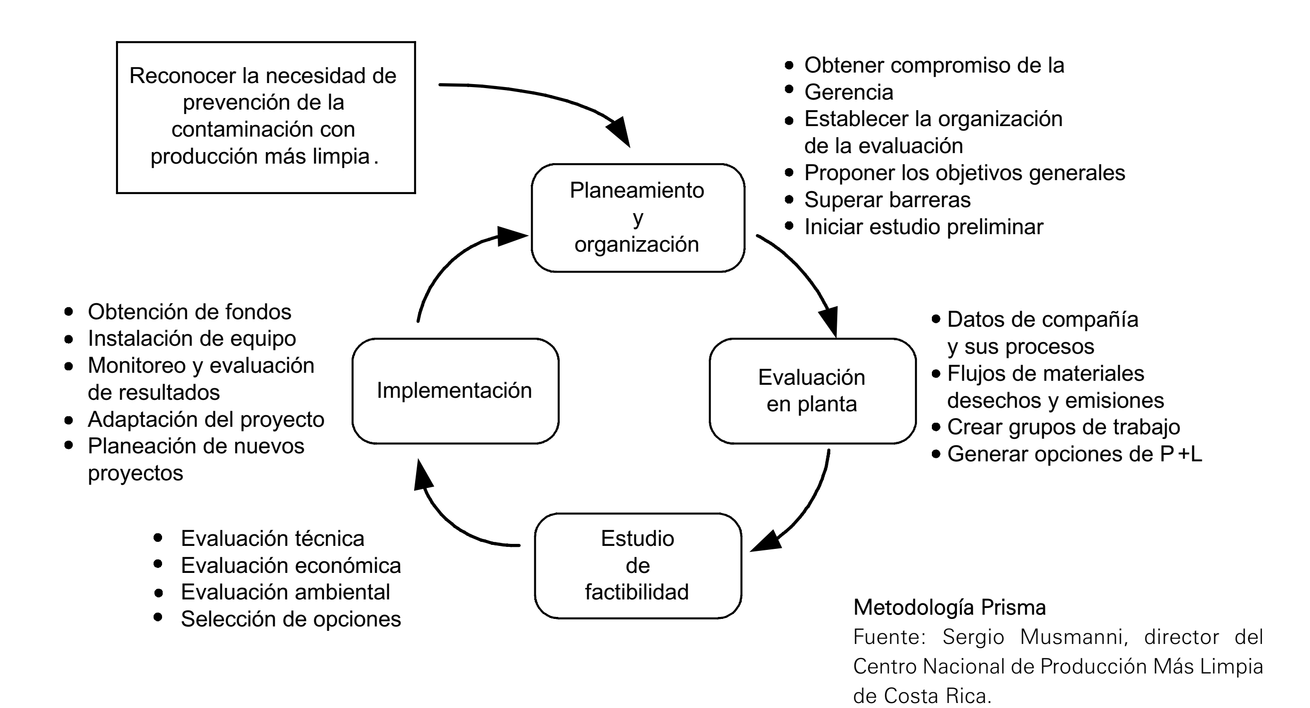
Esta es la forma menos costosa de hacer la producción más limpia, ya que es posible introducir modificaciones simples y lograr reducciones en las emisiones.

El uso racional de los recursos también es parte de esta estrategia, mediante la aplicación o mejoramiento de los sistemas de calidad de materiales en la recepción, para verificar si cumplen con todas las especificaciones; con el mantenimiento preventivo de las máquinas y los equipos, con el fin de evitar accidentes, escapes, derrames y otras pérdidas económicas; y desarrollando y poniendo en práctica el uso eficiente de los servicios de la planta, como el agua y la energía.

Podremos hacer producción más limpia con la selección de materiales de menor impacto ambiental, sustituyendo materiales peligrosos o tóxicos (véase el anexo) por algunos menos nocivos para el ambiente. Es importante también tener en cuenta los componentes químicos que se usan en el tratamiento y las operaciones de limpieza, para lo cual se deben seleccionar insumos con una vida útil más larga o que puedan ser recuperados económicamente. Otro aspecto importante es la modificación de las prácticas de operación, a través de la capacitación y el entrenamiento del personal con respecto a los nuevos métodos de trabajo y al uso de los equipos de protección para su seguridad.

Asimismo, la producción más limpia se logra con el desarrollo de programas para evitar y controlar los riesgos ocupacionales; con la realización de auditorías ambientales y el afianzamiento de la cultura organizacional; con la incorporación de nuevas tecnologías o la modificación del proceso de producción; con la redisposición de planta, el aprovechamiento óptimo de los recursos, la reducción de costos y el consiguiente aumento de la productividad.

Existen varias metodologías para la producción más limpia. A continuación se presenta el esquema de la metodología Prisma.



Metodología Prisma
Fuente: Sergio Musmanni, director del Centro Nacional de Producción Más Limpia de Costa Rica.

3.2 Beneficios de la producción más limpia

- Beneficios financieros
  - Reducción de costos por optimización del uso de las materias primas.
  - Ahorro por mejor uso de los recursos (agua, energía, etc.).
  - Menores niveles de inversión asociados a tratamiento o disposición final de desechos.
  - Aumento de las ganancias.
- Beneficios operacionales
  - Aumenta la eficiencia de los procesos.
  - Mejora las condiciones de seguridad y la salud ocupacional.
  - Mejora las relaciones con la comunidad y la autoridad.
  - Reduce la generación de los desechos.
  - Produce un efecto positivo en la motivación del personal.
- Beneficios comerciales
  - Permite comercializar mejor los productos posicionados y diversificar nuevas líneas de productos.
  - Mejora la imagen corporativa de la empresa.
  - Logra el acceso a nuevos mercados.
  - Aumenta las ventas y el margen de ganancias.

4. Costos ambientales

La evaluación de los costos es una información económica de la empresa que permite tomar decisiones en ese campo. Las grandes multinacionales abordan el tema del medio ambiente porque le reporta beneficios; sin embargo, en algunos casos la corrección ambiental tiene un

costo que no es fácil compensar con beneficios o que no se puede traducir en beneficios tangibles. Pero luego las empresas comprenden que las acciones preventivas son las que les permitirán mejorar sus resultados y alcanzar beneficios económicos.

En cualquier caso, tanto con acciones preventivas como con correctivas lograrán beneficios intangibles que justificarán largamente una gestión ambiental.

Algunos expertos han clasificado los costos ambientales en costos medioambientales recurrentes y no recurrentes.

4.1 Costos medioambientales recurrentes

Entre los costos medioambientales recurrentes se pueden distinguir los siguientes tipos:

- Costos derivados de la obtención de información medioambiental:
  - Costos generales de la obtención de información.
  - Cuotas de asociaciones medioambientales.
  - Ayudas a organizaciones no gubernamentales.
  - Costos de participación en instituciones medioambientales: ecoauditoría, ecogestión, ecoetiqueta.
- Costos derivados de un plan de gestión medioambiental:
  - Diagnósticos y estudios de impacto ambiental.
  - Análisis de riesgos.
  - Estudio de los planes de emergencia internos y externos.
  - Costos internos de formación medioambiental.
  - Costos de análisis, laboratorios y ensayos ecológicos.
  - Costos en investigación y desarrollo medioambiental.
  - Prima de seguros.
- Costos derivados de la adecuación tecnológica medioambiental:
  - *Royalties* por el uso de tecnología medioambiental.
  - Amortizaciones de activos medioambientales.
  - Consumos de equipamientos nuevos para la gestión medioambiental.
  - Dotaciones a los fondos de reversión.
  - Costos de restauración y recuperación del entorno natural (canteras, minas, derribo de ruinas industriales, etc.)
- Costos derivados de la gestión de residuos, emisiones y vertidos:
  - Tratamiento previo.
  - Transporte.
  - Almacenamiento.
  - Manipulación de sustancias contaminantes, contenedores, envases y embalajes retornables.
  - Verificaciones por parte de los gestores autorizados.
- Costos derivados de la gestión del producto:
  - Publicidad ecológica.
  - Marketing medioambiental.

– Análisis del ciclo de vida del producto.
– Peritaciones profesionales externas.
– Certificaciones a las provisiones por obsolescencia de existencia.

- Costos derivados de las exigencias administrativas:
  – Permisos y licencias.
  – Informes periódicos remitidos a la administración.
  – Canon de vertido de aguas.
  – Recojo de basura.
  – Análisis en laboratorio para la gestión medioambiental.
  – Tributos e impuestos ecológicos.
  – Multas y sanciones administrativas.
- Costos derivados de la auditoría medioambiental.

4.2 *Costos medioambientales no recurrentes*

Entre los costos no recurrentes se encuentran los siguientes tipos:

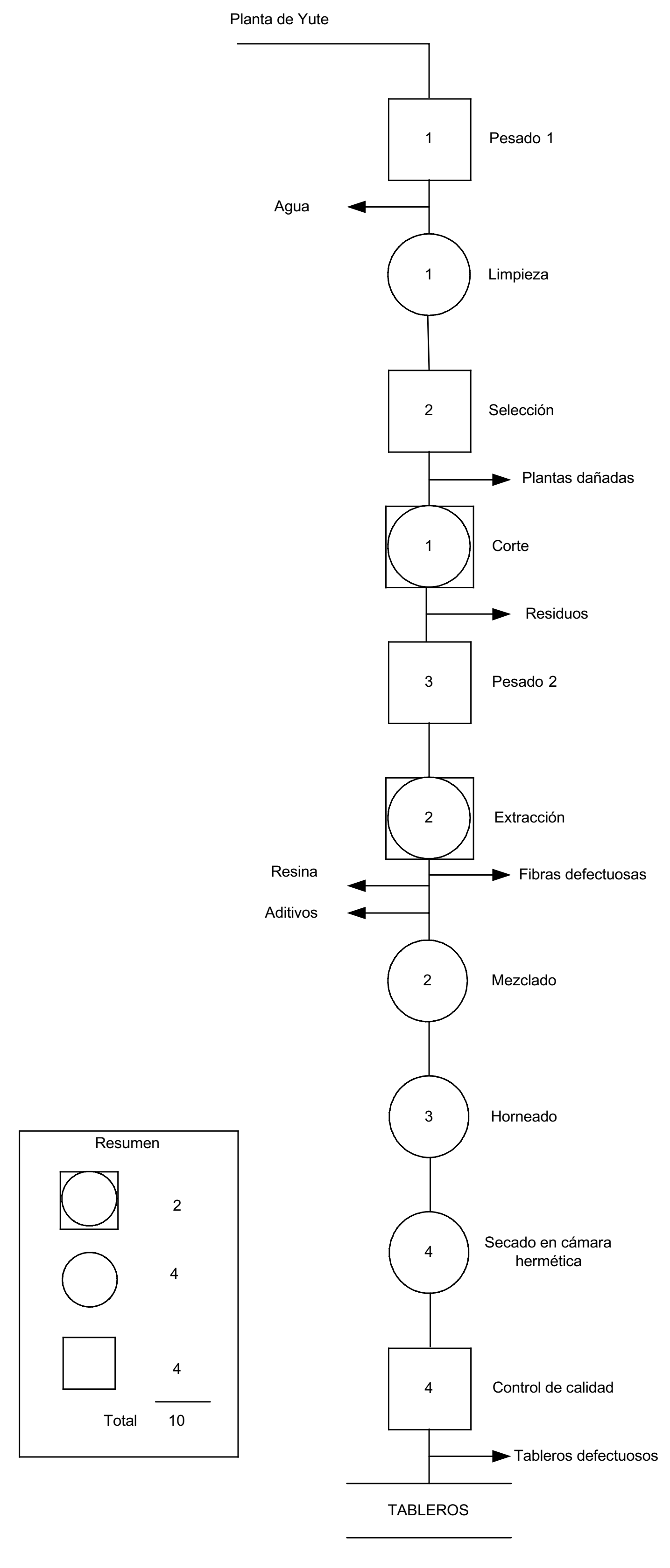
- Costos derivados de los sistemas de información y prevención medioambiental:
  – Costos de prevención de la contaminación.
  – Costos de los sistemas de información para la dirección en gestión medioambiental.
  – Costos de sistemas de detección e información sobre la contaminación.
  – Costos de investigación y desarrollo.
- Costos derivados de las inversiones en instalaciones:
  – Costos financieros.
  – Costos de gestión de inversiones en instalaciones de depuración, sistema de reciclado, sistema de recuperación, sistema de reutilización de residuos, olores, emisiones atmosféricas.
  – Costos plurianuales de conservación y mantenimiento: inspección, limpieza, lubricación, comprobación y reemplazo, de depuración, limpieza general de fábrica, instalaciones de disposición de residuos, incineradoras, vertederos e instalaciones correctoras.
- Costos derivados de la interrupción en el proceso:
  – Costos por parada técnica y retrasos.
  – Costos de arranque y puesta a punto.
  – Costos de interrupción de la producción.
- Costos derivados de accidentes:
  – Costos de accidentes propiamente dichos.
  – Costos de amortiguación de los efectos en los que se pueda incurrir.
  – Costos de compensación de daños.
  – Costo de indemnización de daños.
- Costos derivados de las nuevas exigencias del entorno:
  – Costos de las nuevas o reformadas instalaciones por imposición legislativa, de proveedores o clientes.

  - Costos de transporte por la adopción de normativas o acuerdos con clientes.
  - Mayores costos de la materia prima por recojo del residuo por parte del proveedor.
- Costos derivados de la mejora de la imagen medioambiental de la empresa:
  - Patrocinio de las actividades medioambientales.
  - Costos de creación y mantenimiento de mercado ecológicos.
  - Costos de respuesta a solicitudes de información medioambientales externa.
  - Costos de diseño de nuevos productos.
  - Costos como consecuencia de premios pagados por actividades participativas, concursos, becas, donaciones, fundaciones, regalos, dotaciones escolares, equipos, etc.
- Costos de los sistemas de control y medición.
- Costos no desembolsables:
  - Costos por externalidades.
  - Costos de fuga.
  - Por daños a la cultura y el paisaje.
- Costos jurídicos: abogados, tasas, penalizaciones.
- Otros costos de carácter específico.
  - Costos de implantación del plan de gestión ambiental.
  - Contratación de personal específico para medio ambiente.
  - Dotaciones a las provisiones contra activos por pérdida permanente de valor.
  - Suelos contaminados, instalaciones obsoletas, productos invendibles.

Problema propuesto

1. Tagly SAC fabrica tableros aglomerados sobre la base de fibra de yute mezclado con resinas, que son utilizados en la construcción y fabricación de mobiliario básico para viviendas y oficinas. Las características de este producto son: gran resistencia al fuego, a los insectos y a la abrasión; reducida absorción de agua y baja conductividad térmica, además de contribuir a la preservación de nuestros bosques al usarse como sustituto de la madera. El proceso es el siguiente:

DOP para la obtención de tableros a base de fibra de yute



Identifique algunos aspectos del proceso productivo, donde deberían aplicarse algunas opciones de producción más limpia. Describa sus propuestas.

Actividad	Aspecto para mejorar	Opción de producción más limpia

Capítulo

13 *Factor cambio*

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- *Adquisición de la tecnología*
- *Comportamiento o segmentación del mercado*
- *Servicios*
- *Infraestructura vial y aspectos demográficos*
- *Requerimientos de seguridad*
- *Crecimiento escalonado*
- *Nuevas estrategias de competencia*
- *Certificaciones*
- *La empresa y la economía del futuro*
- *Las empresas en la sociedad del conocimiento*

El proyecto de disposición de planta deberá contemplar los cambios futuros, de modo que la inversión realizada en su implementación permita a la empresa cumplir con sus demandas de mercado y requerimientos de producción, en el horizonte de tiempo establecido para el proyecto. Será conveniente una adecuada planificación del crecimiento de la planta y del impacto que tendrán algunos factores externos sobre ella. Se analizarán factores como los cambios tecnológicos, las variaciones del entorno económico, la apertura de mercados, las variaciones en las necesidades de los clientes, los nuevos diseños, el impacto ambiental, etcétera.

Las tecnologías se crean y modifican actualmente a gran velocidad. El dominio del cambio tecnológico será un ingrediente esencial del éxito económico de las empresas en los países de este mundo globalizado; por ello, el ingeniero de planta debe estar preparado para analizar los problemas, los retos y las oportunidades que se le presenten en el futuro, para encontrar soluciones que se adapten a las nuevas disposiciones de planta generadas por tales cambios tecnológicos.

1. Adquisición de la tecnología

Será importante elegir aquella tecnología que permita incrementar la capacidad de la planta por etapas, adecuándose al crecimiento de la demanda o a los requerimientos de nuevos diseños. Por ello, será conveniente acceder a proveedores de tecnología reconocidos por su constante innovación tecnológica, ya que generalmente estas empresas desarrollan sus productos proyectándose a futuro de acuerdo con los avances científicos.

La innovación tecnológica constituye una estrategia clave dirigida al desarrollo de nuevos procesos y productos, mediante la generación, transferencia, incorporación y adaptación de tecnologías. Representa un trabajo sistemático que implica ver el cambio como una oportunidad, superar lo gastado, lo obsoleto, lo improductivo, llevar ideas nuevas a la práctica.

Una adecuada selección de la tecnología y del proveedor pueden garantizar a la empresa asistencia técnica apropiada ante los cambios que se presenten; una inadecuada selección puede llevarnos a adquirir un equipo o maquinaria que en corto o mediano plazo resulte obsoleto, generando costos adicionales a la empresa en la adquisición de nueva maquinaria.

Estos cambios en la tecnología pueden generar necesidades de ajuste en el número de trabajadores, haciendo variar los requerimientos de espacios y servicios que les son asignados.

2. Comportamiento o segmentación del mercado

En la etapa del diseño de las instalaciones la demanda del mercado es una información importante para definir el tamaño de la planta. Generalmente, en los pronósticos utilizados se logra un acercamiento a la realidad futura; sin embargo, con el correr de los años deben efectuarse ajustes en la producción, debido a cambios en la segmentación del mercado, en los gustos y hábitos del cliente, y en la agresividad de la competencia; por ello, la distribución de planta debe prever estos cambios, disponiendo áreas para crecimientos futuros, planeando nuevas estrategias de distribución de productos y capacitando constantemente a los trabajadores para su especialización.

3. Servicios

Una disposición de planta deberá proyectarse considerando cambios futuros, por ello será importante que en la infraestructura del edificio, los servicios implementados tengan un margen adecuado para aceptar un crecimiento en la capacidad de planta; así, por ejemplo, las instalaciones eléctricas deberán prever aumentos en el consumo de energía para evitar inversiones futuras o escasez de energía ante un crecimiento de la capacidad con maquinarias que requieran energía adicional.

En el caso de los ductos y desagües, también serán diseñados con capacidades acordes con el futuro crecimiento de la planta; en muchos casos la obstrucción de estos servicios anexos se torna crítica y llega a colapsar si no se toman en cuenta algunos ajustes ante el aumento de la capacidad de las instalaciones.

4. Infraestructura vial y aspectos demográficos

El proyectista deberá contemplar la información de las obras municipales y de la comunidad, incluidas en los planes de desarrollo, tales como centros de esparcimiento, centros ecológicos, trazado de avenidas, líneas férreas o futuros aeropuertos, los que podrían afectar la disposición de las instalaciones de la planta. Por ejemplo, si se decide la instalación de un centro de estudios en un lugar tranquilo, a fin de permitir la concentración y un ambiente acogedor para el estudio, y se llega a saber que en los proyectos municipales se prevé la construcción de una nueva red de vías de tránsito rápido que circularán alrededor de dicho local, se vería afectado el objetivo de la instalación de esta empresa en el lugar.

Por el aumento demográfico de algunas ciudades, se observa que algunas zonas destinadas para la industria han sido invadidas, eliminándose así la distancia que debe existir entre estas y los complejos habitacionales, lo que causa una integración negativa, sobre todo en el caso de empresas que contaminan el ambiente, pues la salud de los habitantes de las zonas aledañas se verá afectada. Esto determina, entonces, la urgencia de una revisión de los procesos industriales y cambios en la disposición para minimizar el impacto ambiental.

El crecimiento demográfico trae consigo también un incremento del tránsito y frecuentes embotellamientos. Esto representa un problema para la planta que se encuentra ubicada en la zona, sobre todo para el acceso de las unidades que transportan materias primas e insumos hacia la fábrica, así como para la distribución de los productos terminados. Muchas veces esta situación obliga a los municipios a dictar nuevas disposiciones municipales prohibiendo el estacionamiento de unidades de transporte de carga en las zonas vecinas a la planta, con lo cual se dificultan las actividades de acarreo de materiales.

5. Requerimientos de seguridad

Las edificaciones industriales deben permitir la ejecución de un plan de seguridad mediante la provisión de vías de escape y salidas de emergencia que permitan la evacuación de las instalaciones hacia un área segura.

La evolución de la sociedad y los cambios en las políticas internas de los países llevan, en algunos casos, a problemas sociales que pueden derivar en delincuencia y, en un extremo, en terrorismo, obligando a las empresas a realizar algunos cambios en la infraestructura perimétrica de sus instalaciones, con el fin de salvaguardar sus bienes materiales.

Por este motivo muchas empresas han construido cercos, puestos de vigilancia, rampas de seguridad, barreras de control, estacionamientos de los visitantes separados del de los trabajadores, garitas de recepción, sistemas eléctricos de alarmas, lo cual requiere inversiones adicionales y mayores espacios para incluir estos medios de seguridad.

Una planta de producción deberá proyectarse contemplando esta posible inversión desde la etapa de su localización.

6. Crecimiento escalonado

Si la planta se ha proyectado para su implementación por etapas, esto quiere decir que tendrá un crecimiento escalonado y la infraestructura deberá prepararse para soportar las futuras expansiones. Por ejemplo, si se proyecta una segunda etapa en un segundo piso, los cimientos y las columnas tendrán que ser construidas desde el inicio para soportar dichas cargas. Así mismo, las vías de acceso deberán estar diseñadas para el máximo flujo de personas y materiales, aunque en un primer momento no se usen en su máxima capacidad.

Es preferible no dejar instalaciones transitorias si se contempla que en el futuro podrían no ser requeridas, debido a que obstaculizarán las operaciones o serán una potencial causa de accidentes e inseguridad.

7. Nuevas estrategias de competencia

En los últimos años se viene dando un nuevo enfoque sobre el tamaño de las empresas y los requerimientos de instalaciones. La globalización y las oportunidades de negocios que se le presentan a las empresas hacen que estas necesiten procesos productivos más ágiles, negociaciones más dinámicas y que no requieran de infraestructura pesada que le genere altos costos fijos, lo que disminuiría su competitividad al no poder bajar sus precios. En su proyección a futuro, esto lleva a las empresas a implementar plantas con lo estrictamente necesario de infraestructura y maquinaria, sustituyendo cualquier escasez con servicios de terceros, *joint venture*, maquilas, subcontratación, *manufacturing* o cualquier estrategia de producción que sea más ventajosa y permita crecer en infraestructura y maquinarias.

Norma Iso 9001:2000
Criterio 6.3 Infraestructura
Definir y mantener la infraestructura para lograr la conformidad del producto.

Considerar:
- *Instalaciones y espacio laboral*
- *Equipo para los procesos*
- *Servicios de apoyo*

8. Certificaciones

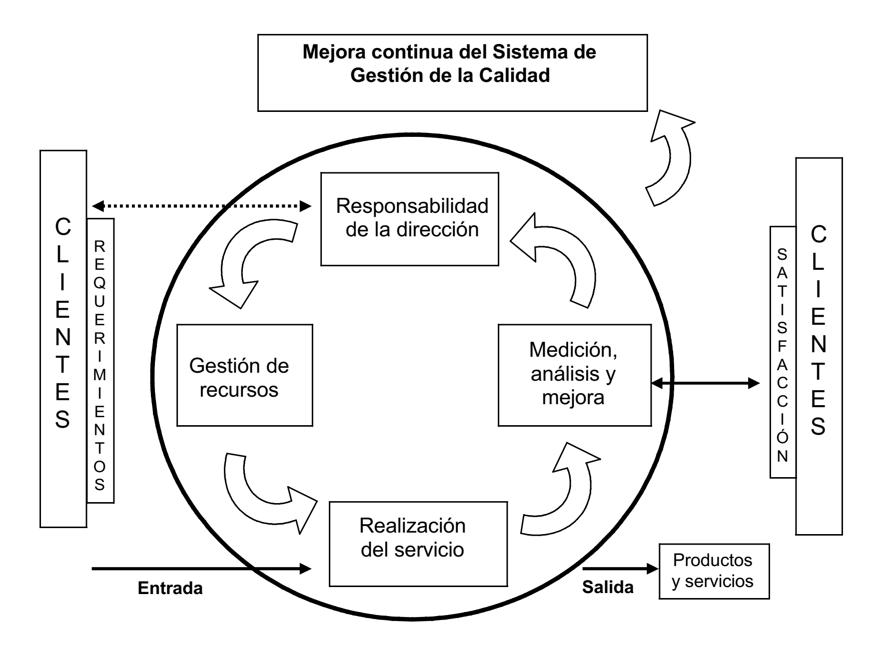
El mercado ha evolucionado y hoy se exige, más que antes, mejor calidad de los productos. Esto determina que las empresas, para ser competitivas, deben someterse a una revisión de sus procesos y prácticas de manufactura. Para lograr la calidad de sus productos ya no basta con la realización de inspecciones y controles en determinados puntos, sino que se debe plantear un sistema que garantice la calidad de los procesos para obtener un producto de calidad. Mencionamos básicamente tres modelos:

8.1 Aseguramiento de la calidad (modelo ISO 9000)

La norma ISO 9001, denominada *Sistema de Gestión de la Calidad: Requisitos* contiene un conjunto de buenas prácticas de gestión que sirven como modelo para las organizaciones de todo tipo. La estructura de ISO 9001 está basada en una *gestión por procesos o enfoque a procesos.*

En la organización existen procesos administrativos, comerciales, de compras, de producción, de servicio al beneficiario. Al relacionar varios de estos procesos para lograr un determinado objetivo, tenemos un *sistema*. El sistema de gestión de la calidad que propone la norma es el siguiente:

Es importante notar que en este modelo, los clientes tienen un protagonismo destacado, ya que intervienen para establecer los requisitos



como elementos de entrada, y luego se tienen en cuenta nuevamente para medir su nivel de satisfacción con el producto entregado.

Los capítulos del 4 al 8 de la norma ISO 9001:2000 describen precisamente los elementos básicos de este sistema de gestión de la calidad:

4.- Sistema de gestión de la calidad.
5.- Responsabilidad de la dirección.
6.- Gestión de los recursos.
7.- Realización del servicio.
8.- Medición, análisis y mejora.

El capítulo que se relaciona con los requerimientos para una adecuada disposición de planta es el capítulo 6: Gestión de los recursos, el cual establece algunas pautas para una infraestructura y un ambiente de trabajo adecuados para el logro de la calidad en la organización. A continuación se anotan algunos comentarios sobre este punto.

8.2 Gestión de los recursos

- Infraestructura
  - Además de contar con personal calificado, la organización debe tener una infraestructura apropiada para su actividad, que incluya aspectos como:
    - Edificios, zonas de trabajo y zonas anexas; por ejemplo, oficinas, almacenes, aparcamientos.
    - Equipos para los procesos, como maquinarias, ordenadores y software;
    - Servicios auxiliares, como transportes o sistemas de comunicaciones.

– Las organizaciones que ya disponen de una infraestructura deben tomar especial cuidado con el proceso de planificación de nuevas actividades, por ejemplo, por la ampliación de la línea de servicios, las redisposiciones de planta u otros.

- Ambiente de trabajo
  El ambiente de trabajo es el conjunto de condiciones bajo las cuales se realiza el trabajo, incluyendo aspectos físicos, medioambientales, psicológicos y sociales. La organización debe determinar los factores del ambiente de trabajo necesarios para lograr la calidad que el usuario o beneficiario requiere, y, a partir de aquí, debe velar por su mantenimiento.

  En una oficina, el ambiente de trabajo puede referirse a aspectos de ergonomía, como una adecuada climatización, asientos apropiados, iluminación correcta, protección visual en las pantallas del ordenador. Pero también se refiere a las relaciones de trabajo entre jefes y subordinados, basadas en el respeto y la consideración mutuas.

  En un proceso industrial metalúrgico, por ejemplo una fundición, es prácticamente imposible que el ambiente de trabajo reúna las mismas condiciones de limpieza que una oficina de una organización de servicios, como un banco; sin embargo, no existe ninguna razón para que esa misma organización no disponga de zonas de descanso o vestuarios en buenas condiciones de limpieza y comodidad, así como de buena iluminación, ambientes sin ruido y una adecuada climatización, para el cumplimiento del principio básico de la disposición de planta, que es la satisfacción y seguridad del trabajador.

El HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) es un instrumento para evaluar los peligros y establecer sistemas de control que se centran en la prevención en lugar de basarse en el ensayo del producto final. Todo sistema de HACCP es susceptible de cambios que pueden derivar de los avances en el diseño del equipo, los procedimientos de elaboración o el sector tecnológico.

8.3 Análisis de puntos críticos de control (HACCP)

Desarrolla un análisis sistemático de todas las materias y procesos de fabricación y de todos los riesgos conocidos o presumibles para la seguridad del producto, evalúa el sistema existente de control de riesgos y sistematiza estos pasos en forma de un plan de riesgos que sea verificado y actualizado.

El HACCP tiene las siguientes características:

- Es preventivo, evita que ocurran las incidencias que serían detectadas a posteriori en un análisis.
- Utiliza variables fáciles de medir de forma directa en el proceso.
- El control se realiza directamente sobre el proceso y la totalidad del producto y no sobre muestras aisladas.
- Se puede automatizar y formar parte del sistema de control de proceso o planta.
- Es mucho menos costoso que el análisis de productos finales.
- El análisis de riesgos HACCP contribuye a prever los requerimientos y especificaciones sobre:
  - Manejo de materias primas.
  - Flujo de materiales.

– Selección, diseño y mantenimiento de equipos e instalaciones.
– Secuencia de operaciones de procesamiento y distribución.
– Control de procesos.
– Análisis de calidad.
– Cualificación y entrenamiento de personal.
– Cumplimiento de normas legales.

Siendo la industria alimentaria gran generadora de desechos se recomienda lo siguiente:

- Reducción de desechos liberados al medio ambiente, principalmente por medio del reciclaje o la reutilización. Para esto se ha venido desarrollando el concepto de agrupaciones industriales que consuman e intercambien entre sí sus productos y subproductos, como en el caso de las fábricas de productos cárnicos y los criaderos de cerdos.
- Pretratamiento por medio de métodos como filtración, sedimentación, flocuación, neutralización, centrifugación, enfriamiento y otros, diseñados para conseguir que los desechos, principalmente líquidos y gaseosos, sean liberados al ambiente siempre cumpliendo con las normas correspondientes establecidas por las autoridades nacionales.
- Biodegradabilidad de los desechos finalmente producidos, que implica una cuidadosa selección de materias primas, materiales de empaque y agentes químicos para limpieza y saneamiento, principalmente.

8.4 Consideraciones finales

Toda disposición de planta está sujeta a que se realicen cambios en el futuro. Para evitar costos adicionales o problemas en su capacidad y operatividad, el ingeniero de planta deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Identificar el imponderable.
- Definir límites de influencia.
- Diseñar la distribución dentro de esos límites.
- Proyectar la distribución para soportar los cambios futuros.

La propuesta de disposición de planta deberá contemplar las diferentes situaciones posibles de presentarse y, basándose en ello, hacer el diseño de la distribución.

A continuación se presentan algunas situaciones y los aspectos del diseño correspondiente:

Situaciones	Diseño de la distribución
Innovación tecnológica	Ambientes de trabajo flexibles para aceptar la innovación Adecuación del personal para el cambio futuro Servicios preparados para requerimientos futuros
Cambios en la provisión de materias primas (mayores costos, escasez, agotamiento)	La localización, dar prioridad a este factor para la toma de decisiones
Riesgo de cambios en la política económica de un país	Las instalaciones diseñadas consideran el riesgo y se delimitan a un tamaño de planta que supere el punto de equilibrio
Cambios en el mercado	Flexible para desarrollar nuevos productos, incluir otras líneas de producción, ampliar el ámbito de la distribución

Situaciones diversas y diseño de la distribución

9. La empresa y la economía del futuro

Vivimos algo más que un simple ciclo de negocios; se avecina un cambio estructural. Los resultados de esta turbulencia se verán en algunos años, pero el panorama será muy diferente.

Las empresas tecnológicamente deficientes no podrán competir comercialmente con bienes y servicios de alto valor agregado. Las tecnologías se crean y modifican actualmente a gran velocidad. El dominio del cambio tecnológico será un ingrediente esencial del éxito económico de los países en el mundo globalizado.

La transformación tecnológica del futuro afectará profundamente no solo el crecimiento económico, sino también los servicios sociales, las actividades del Estado y de la sociedad civil, la protección del medio ambiente y el nivel general de satisfacción de necesidades de la población.

Peter Drucker (2002) asegura que en la economía ya no hay potencias mundiales; solo países en competencia: ser una potencia mundial es una vanidad norteamericana. Las empresas que están creciendo más rápidamente que el PBI de sus países serán las ganadoras del futuro.

El mismo Drucker dice que en la Argentina siguen creyendo que producir mucho trigo y carne los hará ricos y no es así: eso los hace más pobres. Señala que el mercado de los productos primarios (*comodítties*) está bajando y no hay señal de que esos productos se agoten, a pesar de que sus precios sigan descendiendo.

Los conocimientos de un ingeniero pierden gran parte de su vigencia después de tres a cinco años del término de sus estudios universitarios.

En el futuro aumentará el conocimiento aunque, como ocurre hoy, no estará al alcance de toda la gente. En la actualidad no es suficiente con tener un título universitario; ahora el aprendizaje debe ser un proceso continuo a lo largo de toda la vida.

Nos preguntamos, a manera de ejemplo, ¿en cuánto tiempo se queda atrás un ingeniero?

Jerry Yeargan, de la Universidad de Arkansas, dice que los conocimientos de un ingeniero pierden gran parte de su vigencia de tres a cinco años después del término de sus estudios universitarios. Esto ocurre debido a los vertiginosos cambios que está experimentando la tecnología, la globalización económica y la intensa competencia comercial.

Las empresas, para contar con "vitalidad tecnológica" y mantenerse competitivas, requerirán de ingenieros comprometidos con una actualización constante. Por lo tanto, el trabajo y el aprendizaje se fusionarán en una misma actividad. De esta forma, los estudios de postgrado y la educación continua serán medios indispensables para mantener la vigencia profesional de los ingenieros.

Si la capacitación es considerada como una inversión, esta se transforma en un activo. Por lo tanto, como cualquier otra inversión, será compensada con el valor agregado que origine. Las empresas tendrán que intensificar y transformar considerablemente el entrenamiento de sus recursos humanos.

En la medida en que la economía del mundo se convierta en una verdadera economía global, mayor será la necesidad de especializarse. Es un hecho que a las empresas medianas les ha ido mejor que a las grandes, ya que son pocos los casos de empresas grandes que han podido crecer casi tan rápido como la economía mundial.

La única ventaja competitiva que tendrán muchas empresas en el futuro será su capacidad para organizar y guiar a su gente. En contraposición al modelo jerárquico que caracterizó a las empresas durante todo el actual siglo, hoy se impone el modelo de alta participación; es decir, de gestión participativa.

La única ventaja competitiva que tendrán muchas empresas en el futuro será su capacidad para organizar y guiar a su gente. En contraposición al modelo jerárquico que caracterizó a las empresas durante todo el actual siglo, hoy se impone el modelo de alta participación; es decir, de gestión participativa.

Alvin Toffler (1996), al referirse a la economía del futuro, dice que en las sociedades de la "primera ola", el único factor que importaba era el trabajo. En las sociedades de la era industrial, o sea las de la "segunda ola", el capital era sinónimo de propiedad, producción y acciones. En cambio, afirma que la economía del futuro está basada en el *conocimiento*.

En las economías de la "tercera ola" de Alvin Toffler, los estados pasan a ser cada vez más diferentes entre sí. Por eso no se puede aplicar una receta igual para todos.

Actualmente, las empresas recurren, cada vez más, a las alianzas estratégicas como una forma de conseguir la fortaleza necesaria para competir en los mercados.

Actualmente, las empresas recurren, cada vez más, a las alianzas estratégicas como una forma de conseguir la fortaleza necesaria para competir en los mercados. Muchas empresas enfrentadas a una intensa competencia, incluyendo feroces rivales, comienzan a unir fuerzas para desarrollar nuevos productos, alcanzar nuevas economías de escala y ganar acceso a nuevas tecnologías y mercados.

Las alianzas estratégicas aparecen como el arma competitiva de la década, pero a su vez otorgan una nueva forma a la estructura y a los límites de cualquier organización. Hoy más que nunca las empresas necesitan prácticas diferentes, nuevas definiciones laborales y nuevas formas de conducción.

Las organizaciones altamente innovadoras y con gran dedicación al aprendizaje tienen una clara inclinación hacia la búsqueda y la adaptación de nuevas ideas desde todas las fuentes. Cada contacto con el exterior se considera una oportunidad para encontrar prácticas útiles y aplicarlas en la empresa. Interiormente, las organizaciones que aprenden están unidas por incontables redes informales que contribuyen al

entendimiento colectivo de la nueva información a partir de la experiencia, los socios, los clientes, la educación y la búsqueda de bibliografía adicional.

La empresa del futuro será el eje de muchas redes de alianzas. En el centro de esta empresa se encontrará su habilidad esencial, que le permitirá atraer a socios y brindar un valor único a sus clientes.

Las empresas tendrán que cambiar los moldes tradicionales, paternalistas y jerárquicos que han predominado en las organizaciones de nuestros países en desarrollo durante largo tiempo. No es posible que una sola persona piense y diga a los demás qué deben hacer. Las empresas en las que las personas no se involucran, ni espiritual ni intelectualmente, porque están dirigidas solo por un grupo, no pueden competir.

Para ser ganadoras las empresas tendrán que enfocar su negocio en un solo tipo de servicio y liberarse de los productos que les son ajenos y que provocan un desperdicio de energía.

Hay que descubrir el foco del negocio y especializarse en ello. Los altos ejecutivos deben trabajar con la gente y estar en permanente contacto con los individuos. Antes, la fórmula era hacer más para hacerlo más barato. Hoy estamos trabajando con economías basadas en la perfección, con una integración de sistemas para el trabajo en equipo y la fórmula es hacerlo mejor para hacerlo más barato.

Antes, la fórmula era hacer más para hacerlo más barato. Hoy estamos trabajando con economías basadas en la perfección, con una integración de sistemas para el trabajo en equipo y la fórmula es hacerlo mejor para hacerlo más barato.

Se deben buscar estrategias innovadoras para las ventas. Un vendedor excelente, según Heinz Goldman, produce tres veces más resultados que uno normal. El costo de entrenar a un vendedor nuevo es casi su sueldo completo durante un año.

Finalmente, debemos reflexionar sobre todo en el poder que se le otorga al cliente. Antes decíamos: "El cliente tiene siempre la razón". Ahora estamos pensando en "Su Majestad, el Cliente". Hoy ya no basta con satisfacer al cliente: es necesario deleitarlo.

10. Las empresas en la sociedad del conocimiento

El desarrollo de las tecnologías de la información no solo ha permitido una mayor eficacia en los procesos productivos, sino que ha servido como marco de referencia en las formas de trabajo para remodelar el ámbito organizativo de la empresa, tanto en el proceso productivo como en el conjunto de relaciones entre la empresa y sus clientes y proveedores.

Lo que se persigue, en general, en la sociedad del conocimiento es reducir la fuerza de trabajo, acelerar los procesos de diseño y lanzamiento comercial de nuevos productos, acortar los plazos de fabricación y aumentar la variedad de la gama de productos.

La estructura de la población activa dedicada al sector industrial de los países desarrollados refleja una disminución de 30%; a la vez que disminuye la cifra de la población activa dedicada a la agricultura a 5%.

En contraposición, la población activa dedicada a los servicios se sitúa por encima del 65 por ciento. Dentro de estos servicios, el crecimiento más dramático se está produciendo en lo que podríamos denominar el sector "cuaternario", con el que se identifica a las actividades vinculadas a las nuevas tecnologías de la información.

La teoría económica tradicional nació al amparo de la producción de bienes industriales. Pero, en la economía de hoy, el valor de un bien proviene de la demanda y la capacidad productiva de una empresa y depende de su grado de conocimiento, innovación y desarrollo. En esta nueva economía existe la necesidad de ser flexible e irse adecuando a las nuevas realidades.

El crecimiento más dramático se está produciendo en lo que podríamos denominar el sector "cuaternario", con el que se identifica a las actividades vinculadas a las nuevas tecnologías de la información.

A diferencia de la economía tradicional, intensiva en capital, la economía de hoy, basada en el conocimiento, se apoya en el liderazgo, en el servicio y en la innovación. Lo esencial es el capital humano. Las personas son las impulsadoras del cambio y ellas son las que hacen la diferencia.

Mientras que la sociedad industrial produjo objetos, la sociedad del conocimiento produce relaciones. La materia prima es la información, sus máquinas son las computadoras y sus vías de comunicación son las telecomunicaciones.

El reino de esta sociedad es el valor añadido y se desarrolla una cultura de servicios, teniendo como escenario el mundo globalizado para las comunicaciones y el acceso a la información.

Los profundos cambios socioeconómicos que han dado lugar a un panorama mundial nuevo en los últimos años, han llevado a las empresas a realizar una revisión de sí mismas.

La humanidad ha descubierto que las empresas están conformadas por personas y que la principal fuente de creación de valor está dada en el conocimiento que emerge como fruto de la interacción humana.

La humanidad ha descubierto que las empresas están conformadas por personas y que la principal fuente de creación de valor está dada en el conocimiento que emerge como fruto de la interacción humana.

De otro lado, tenemos que reconocer que los acelerados cambios tecnológicos y la constante innovación han dado lugar a la aparición paulatina del "tiempo libre" en la población activa de los países desarrollados, a tal punto que la jornada laboral en Europa se esta reduciendo de 48 horas por semana, sucesivamente, a 40, 36, 30 y hasta 24 horas en algunas empresas, a la vez que se incrementan las horas de "tiempo libre" del personal. Esto ha dado lugar a la creación de "empresas para el tiempo libre", como aquellas empresas para la recreación y el entretenimiento, organizaciones del tipo de Disney World, empresas dedicadas a la distribución de artículos deportivos, y, sobre todo, empresas para el turismo.

Problema propuesto

1. Desarrolle y comente lo más relevante del factor cambio en una distribución en cadena o por producto. Presente un ejemplo.

Capítulo

14 Técnicas para el cálculo de los requerimientos de áreas

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- Cálculo de las superficies de distribución
  - Método de Guerchet para el cálculo de superficies

En este capítulo evaluaremos las necesidades básicas del espacio requerido para la ubicación de los factores de la producción en la planta. Para este propósito, solo se desarrollará la técnica de Guerchet.

Asignar las áreas para cada elemento nos llevará a determinar el área total mínima requerida de la planta, a la cual se le podrán añadir las áreas administrativas y de servicios.

Para disponer adecuadamente los elementos de producción en la planta, debemos analizar sus diferentes características; así, a partir de la información del número de máquinas, podemos evaluar las necesidades básicas del espacio requerido para su ubicación. Existen varios métodos para la evaluación del espacio físico; aquí presentaremos el método de Guerchet que da una buena aproximación del área requerida.

1. Cálculo de las superficies de distribución

Habiendo definido el número de máquinas y conociendo los requerimientos de personal, se definen las estaciones de trabajo y se determinan las áreas requeridas. Para ello se pueden utilizar diferentes métodos de evaluación.

La utilización de este método de cálculo de áreas dará como resultado un valor referencial del área requerida. Este método ha sido validado mediante su aplicación en numerosos estudios de disposición de planta. Para la determinación práctica de los requerimientos de área, podrán hacerse los ajustes necesarios de acuerdo con el proyecto realizado.

1.1 Método Guerchet para el cálculo de superficies

Por este método se calcularán los espacios físicos que se requerirán para establecer la planta. Por lo tanto, es necesario identificar el número total de maquinaria y equipo llamados “elementos estáticos”, y también el número total de operarios y equipo de acarreo, llamados “elementos móviles”.

Para cada elemento que se distribuirá, la superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales:

$$S_T = n(Ss + Sg + Se)$$

Donde:

S_T = superficie total
Ss = superficie estática
Sg = superficie de gravitación
Se = superficie de evolución
n = número de elementos móviles o estáticos de un tipo.

- Superficie estática (Ss)
  Corresponde al área de terreno que ocupan los muebles, máquinas y equipos. Esta área debe ser evaluada en la posición de uso de la máquina o equipo, lo que quiere decir que debe incluir las bandejas de depósito, las palancas, los tableros, los pedales y demás objetos necesarios para su funcionamiento.

  $$Ss = \text{largo} \times \text{ancho}$$

- Superficie de gravitación (Sg)
  Es la superficie utilizada por el obrero y por el material acopiado para las operaciones en curso alrededor de los puestos de trabajo. Esta superficie se obtiene, para cada elemento, multiplicando la superficie estática (Ss) por el número de lados a partir de los cuales el mueble o la máquina deben ser utilizados.

  $$Sg = Ss \times N$$

  Siendo:
  N = número de lados
  Ss = superficie estática

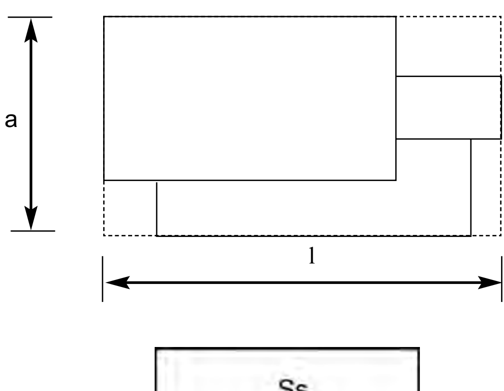
Para el cálculo del valor de k deberá tomarse en cuenta si el estudio se hace para un solo ambiente de trabajo o para ambientes que estén comunicados directamente a través de pasadizos internos. En ambos casos se utilizará un solo valor de k. En caso se realice el cálculo de áreas de ambientes totalmente independientes, se recomienda la evaluación de valores de k diferentes.

- Superficie de evolución (Se)
  Es la que se reserva entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal, del equipo, de los medios de trasporte y para la salida del producto terminado. Para su cálculo se utiliza un factor "k" denominado coeficiente de evolución, que presenta una medida ponderada de la relación entre las alturas de los elementos móviles y los elementos estáticos:

  $$Se = (Ss + Sg)k$$

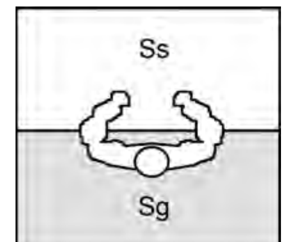
Consideraciones:

- Para los operarios se considera una superficie estática de 0,5 m^2 y una altura promedio de 1,65 m.
- Los almacenes debidamente separados de las áreas de proceso, mediante paredes, mallas, entre otros, no forman parte del análisis Guerchet.
- Para el cálculo de la superficie que hay que asignar a los puntos de espera del material ubicado en las áreas de proceso, no se considera la superficie de gravitación, sino únicamente la superficie estática y de evolución.
- Normalmente, la superficie ocupada por las piezas o los materiales acopiados junto a un puesto de trabajo para la operación en curso no dan lugar a una asignación complementaria, ya que está comprendida en las superficies de gravitación y de evolución. Sin embargo, si ocupara una superficie mayor al 30% del área gravitacional del puesto de trabajo, se debe considerar independientemente, como si fuera un punto de espera (punto anterior).
- Para el caso de los estantes solo se considera la superficie estática



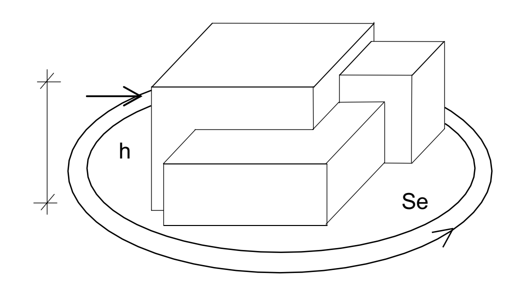
Se toman las dimensiones mayores que incluyen el área ocupada por la máquina.

Ss = a x l



La superficie gravitacional depende del requerimiento de áreas de trabajo.

Sg: área sombreada
(solo se utiliza un lado, en este caso)



Superficie requerida para el movimiento alrededor de la máquina. La altura incluida nos da una idea de volumen y visibilidad para el movimiento.

Ilustración de las superficies parciales

y de evolución; no obstante, si se trabaja constantemente con materiales, deberá considerarse además la superficie de gravitación.

- En lo que se refiere a los equipos cuya vista de planta sea un círculo (tanques, entre otros) normalmente se considera $N = 2$ y la fórmula πr^2 para el cálculo de la superficie estática.
- Cuando se trata de los elementos móviles (medios móviles de acarreo), si se estacionaran dentro de la planta se considerará la superficie estática, en caso contrario, no se incluirá y se utilizará esta información solo para el cálculo de K.
- En el caso de los hornos y equipos que tengan puertas batientes, que durante su operación deben mantenerse cerradas, la superficie estática se debe calcular en esa posición.
- Es importante señalar que el método desarrollado da los requerimientos *aproximados* de área, quedando por hacer los ajustes necesarios según las circunstancias.

- Se han estimado algunos valores de K para diferentes tipos de industria.

Gran industria, alimentación, evacuación mediante grúa puente	0.05 - 0.15
Trabajo en cadena con transportador mecánico	0.10 - 0.25
Textil-hilado	0.05 - 0.25
Textil-tejido	0.50 - 1
Relojería, joyería	0.75 - 1
Pequeña mecánica	1.50 - 2
Industria mecánica	2 - 3

Fuente: Mitchel

Ejemplo 1:

Se trata de distribuir un pequeño taller mecánico (véase tabla de la izquierda):

Puestos	n	N	Ss	Sg	Se	St
Torno pequeño	2	1	1,2	1,2	4,8	14,4
Torno grande	1	1	2,5	2,5	10	15,0
Fresadora	1	2	2	4	12	18
Radial	1	3	2	6	16	24
Rectificadora	1	2	2	4	12	18
						89,4

Solución:

Superficies expresadas en m^2
Utilizando K = 2
Requerimiento aproximado de área = 90

Ejemplo 2

En una planta procesadora de hierbas aromáticas se requiere determinar el área más adecuada para el procesamiento de té filtrante. Se han tomado datos de las máquinas y del equipo de acarreo requerido, los cuales se presentan en el siguiente cuadro:

Máquinas	n	N	l (m)	a(m)	h(m)
Secadora	1	1	2,0	1,5	1,9
Molino	3	2	2,0	2,0	1,5
Tamiz	2	3	2,5	1,2	1,6
Balanza	1	1	0,7	0,7	1,0
Mezcladora	2	2	1,2	1,2	1,5
Envasadora	10	3	1,9	1,0	2,0
Empaquetadora	1	2	1,4	1,0	0,9
Faja transportadora	1	2	11,5	0,7	0,9
	2.400				

Solución

Máquinas	S_s (m^2)	S_g (m^2)	S_e (m^2)	S_t (m^2)
Secadora	3,00	3,00	3,90	9,90
Molino	4,00	8,00	7,80	59,40
Tamiz	3,00	9,00	7,80	39,60
Balanza	0,49	0,49	0,64	1,62
Mezcladora	1,44	2,88	2,81	14,26
Envasadora	1,90	5,70	4,94	125,40
Empaquetadora	1,40	2,80	2,73	6,93
Faja transportadora	8,05	16,10	15,70	39,85
				296,95 m^2

Conclusión
Por lo tanto, el área requerida será de 300 m^2.

Ejemplo 3

Una mediana empresa productora de bobinas y bolsas de polietileno y polipropileno, atiende pedidos de empresas para envolturas de sus productos y son muy exigentes en el acabado y en la impresión de sus bolsas. La empresa ha considerado conveniente determinar si el área actual utilizada (800 m^2) es suficiente para el desarrollo eficiente de sus actividades de producción, con esta finalidad se aplicará la técnica de Guerchet.

Cuadro con las dimensiones de maquinaria y otros para el cálculo de superficies

Elementos	n	N	l(m)	a(m)	h(m)
Extrusora (poliet)	5	2	3,5	2,2	4
Extrusora (polipr)	52	3,5	2,2	6	7,7
Extrusora de mallas	1	2	3,5	2,2	5
Peletizadora	1	2	1,3	1,2	1,7
Impresora	4	2	1,3	1,2	1,7
Selladora	8	3	4,2	1,5	1,4
Cortadora	8	3	1,7	1,4	1,7
Cortadora de rollos	1	3	1,2	0,9	1,5
Molino	1	1	2	2	2,5
Balanza	2	3	0,7	0,5	1
Portarrodillos	14	2	1,5	1	2
Carro transportador	3	1	1,6	0,7	0,6
Mesa de trabajo	4	3	1,5	0,8	1,2
Trabajadores	15				

Solución

Elementos	Ss	Sg	Se	St
Extrusora (poliet)	7.70	15.40	2.31	127.06
Extrusora (polipr)	13.20	46.20	5.94	3397.86
Extrusora de mallas	7.70	15.40	2.31	25.41
Peletizadora	1.56	3.12	0.47	5.15
Impresora	7.80	15.60	2.34	102.97
Selladora	6.30	18.90	2.52	221.77
Cortadora	2.38	7.14	0.95	83.78
Cortadora de rollos	1.08	3.24	0.43	4.75
Molino	4.00	4.00	0.80	8.80
Balanza	0.35	1.05	0.14	3.08
Portarrodillos	1.50	3.00	0.45	69.30
Carro transportador	1.12	1.12	0.22	7.39
Mesa de trabajo	1.20	3.60	0.48	21.12
				4078.44

Conclusión

De acuerdo con esta evaluación se concluye que el requerimiento de área será aproximadamente de 4.100 m^2, por lo que el área actual es insuficiente.

Problemas propuestos

1. En el proceso de elaboración de colchones de espuma se requiere la determinación del área necesaria para la instalación de las siguientes máquinas:

Dimensiones (metros)

Máquina	Largo	Ancho	Altura	N (lados)	N
	Dimensiones (metros)				
Espumadora	15	2,5	2,0	1	1
Cortadora lateral	10	2,0	1,6	1	1
Cortadora transversal	4	2,0	1,6	2	1
Enfundadora	2,5	1,5	1,5	2	1
Embolsadora	4,5	2,5	2,4	1	1
Carritos	2,0	1,2	1,10	1	2

Notas:

- Se mantiene gran cantidad de material en proceso por lo que se requiere un área de 48 m^2 (6 x 8 metros) para apilar en rumas los bloques de espuma que salen de la máquina espumadora. Estas rumas llegan a tener una altura de 2,40 metros.
- También se debe considerar un área para los colchones que salen de las máquinas cortadoras para ser enfundadas, requiriendo para ello un área de 48 m^2 y con 2,40 metros de altura.
- En la planta trabajan siete operadores.

Determine:

1. El área requerida.
2. Las dimensiones del terreno más adecuado para la planta.
3. La ubicación de máquinas en el plano.

2. Con los datos que a continuación se indican, determine el área total requerida para el Departamento de Producción.

Producción	Demanda anual	Secuencia
A	300.000	Torno, cepillo, soldadura
B	255.000	Torno, cepillo, soldadura
C	805.000	Torno, cepillo, soldadura
D	120.000	Taladro, cepillo, soldadura
E	135.000	Taladro, cepillo, soldadura
F	215.000	Taladro, cepillo, soldadura

Máquina	Dimensiones (m)			N° de lados	Tiempo de operación por pieza (m)
	Largo	Ancho	Altura		
Torno	2,20	0,85	1,20	4	0,294
Taladro	1,00	0,60	1,90	2	1,080
Cepillo	1,60	0,70	1,00	3	1,074
Soldadura	1,00	0,35	0,80	2	0,180

2 montacargas (diámetro: 1,5 m, altura: 2,5 m).
3 obreros manipuladores de material.
Área de almacenes = 90 m^2.
Horas de trabajo al año = 2.

3. La empresa Farma S.A. fabrica y envasa tabletas, para lo cual cuenta con un área de 11 x 15 metros. Cada proceso se realiza en una sala diferente.

El proceso de producción es el siguiente:

Mezclado → Secado → Tableteado → Acondicionado

El manipuleo de materiales se realiza a través de un pasadizo central de 3 m de ancho. A continuación se presenta información sobre los elementos de la planta.

Elementos	Superficie estática (m^2)	N	n
Sala de mezclado			
Mezcladora	2,25	2	1
Granuladora	0,8	2	1
Mesa de trabajo	1,5	2	1
Sala de secado			
Estufas	2,25	1	2

Elementos	Superficie estática (m^2)	N	n
Sala de tableteado			
Tableteadota	1,44	2	1
Mesa de trabajo	1,50	2	1
Estante	0,96	-	1
Sala de acondicionado			
Blisteadora	3,00	2	1
Fajas transportadoras	2,40	3	2
Estante	0,96	-	2
Parihuela productos terminados	1,44	-	1

El valor de k para la industria farmacéutica es de 0,6:

a) Determinar la superficie teórica requerida para cada sala.
b) Determinar la superficie ajustada para cada sala.
c) Proponga (en el mismo diagrama adjunto) una nueva distribución de acuerdo con el área ajustada para cada sala.

4. La compañía Figurita S.A. se dedica a la fabricación de artículos de cerámica, sobre todo para adornos. Actualmente el local en el cual funciona la compañía resulta muy reducido (350 m^2).

Debido a que en los últimos tres años la demanda del producto ha crecido de manera considerable, se tiene proyectado trasladarse íntegramente a una nueva planta que le permita realizar sus operaciones en forma eficiente; la compañía le ha encargado que realice el estudio de áreas requeridas para este nuevo proyecto.

La información disponible es la siguiente:

- El área administrativa y de ventas tendrá 180 m^2.
- Las áreas de los almacenes de insumos y productos terminados serán de 100 y 200 m^2, respectivamente.
- Las zonas de producción son: pesado y mezclado, moldeado, horneado (cocción), decorado y acabado.
- Las dimensiones y requerimientos de elementos y máquinas se muestran en el cuadro siguiente:

Área/máquinas	Nº de lados	Nº de elementos/Maqs.	Dimensiones (m)			
			L	A	H	Diámetro
Pesado y mezclado						
Balanza	2	2	0,90	0,70	1,30	
Mezcladora REX	2	3	-	-	0,85	0,85
Mezcladora ROY	2	2	-	-	0,95	1,10
Moldeado						
Mesas para moldes	2	4	3,20	0,90	0,80	
Molde L1	-	1	2,15	0,70	0,25	
Molde L2	-	3	0,70	0,65	0,30	
Horneado						
Horno A	1	2	1,80	0,85	2,25	
Horno B	1	2	1,80	0,80	2,30	
Decorado y acabado						
Mesa	2	10	1,50	0,80	0,80	

Observaciones:

- Los moldes permanecen sobre las mesas de moldeado.
- Las puertas de los hornos se abren lateralmente hacia fuera por la parte frontal del horno (la puerta del horno es de una sola hoja).
- Utilice para todos los cálculos K = 0.85.
- Los datos que debe entregar la Gerencia son:
  1. Área requerida para pesado y mezclado.
  2. Área requerida para moldeado.
  3. Área requerida para horneado.
  4. Área requerida para decorado y acabado.
  5. Área total para el proyecto.
  6. Dimensiones recomendadas del terreno: largo y ancho.

5. El dueño del taller de imprenta Arco Iris ha observado que actualmente el área de producción se encuentra congestionada debido a la reciente adquisición de nuevas máquinas; por ello desea trasladarse a un nuevo local y solicita un estudio detallado sobre los requerimientos de áreas; los datos disponibles son los siguientes:

Área reservada para administración: 80 m^2.
Área reservada para almacén general: 55 m^2.

Elementos:

	N	Dimensiones (m)				n
		L	A	H	Diámetro	
Impresora MG	1	1,75	1,15	1,35		2
Impresora PN	2	1,20	0,50	1,25		3
Guillotina	1	1,15	1,05	1,10		1
Mezcladora de tinta	3			1,05	0,65	2
Mesa de trabajo	2	2,00	0,90	1,05		3
Coches rodantes	-	1,05	0,85	0,75		2

- Las impresoras MG tienen un brazo que durante su funcionamiento se abre hacia delante del ancho de la máquina, abarcando una longitud adicional de 0,55 m sobre el largo de esta.
- La guillotina necesita, adicionalmente, cerca de su ingreso un área de almacenamiento de 2,15 x 2,85 m para apilar las rumas de papel que van a ser cortadas; estas rumas alcanzan en promedio una altura de 1,35 m.
- En el taller (área de producción) trabajan 9 operarios.

Con los datos antes indicados, determine:
a) Área total para producción.
b) Área total del taller.
c) Dimensiones de la nueva área.

6. La empresa Omega S.A. cuenta con la siguiente maquinaria:

	N	Dimensiones (m)				n
		L	A	H	Diámetro	
Impresora MG	1	1,75	1,15	1,35		2
Impresora PN	2	1,20	0,50	1,25		3
Guillotina	1	1,15	1,05	1,10		1
Mezcladora de tinta	3			1,05	0,65	2
Mesa de trabajo	2	2,00	0,90	1,05		3
Coches rodantes	-	1,05	0,85	0,75		2

La planta cuenta actualmente con 8 operarios y se proyecta un almacén de materias primas de 45 m^2 y un almacén de productos terminados de 40 m^2.

Si la demanda anual de productos se estima en (véase tabla de la derecha):

Producto	Demanda (unidades)	Secuencia de producción
A	300.000	T - C - S
B	235.000	T - C - S
C	800.000	T - C - S
D	120.000	TL - C - S
E	135.000	TL - S - F
F	200.000	TL - S - C

- Determine el área total requerida.
- Presente una propuesta de terreno (dimensiones) y haga un croquis de la posible disposición de planta.

7. La empresa Kalientito S.A., productora de medias de felpa, busca reubicarse en un área que permita un adecuado desarrollo de sus actividades.

La información que ellos han obtenido de los requerimientos de área para sus máquinas y muebles es la siguiente:

Información adicional:

Máquina o mueble	N	Ss	h	N
Tejeduría				
Máquina tejedora	4	0,35	1,80	1
Remalladora	2	1,20	0,90	1
Depiladora	2	1,00	0,90	2
Teñido				
Tinas de blanqueado	3	4,00	1,20	1
Tinas de teñido	3	4,00	1,20	1
Acabado				
Secadora	1	1,75	1,0	2
Planchadora	1	3,00	1,0	1
Acomodado				
Mesas para hermanado	4	2,40	0,90	2
Mesas de etiquetado y empacado	2	2,40	0,90	2
Elementos de acarreo				
Carritos	4	1,35	0,90	-

Máquina o mueble	Requerimiento de personal
Todas las máquinas tejedoras	Sólo un trabajador
Remalladoras y depiladora	Un trabajador para cada máquina
Todas las tinas de blanqueado	Solo un trabajador
Todas las tinas de teñido	Solo un trabajador
Acabado y acomodado	Un trabajador para cada equipo o mesa
Acarreo	Dos trabajadores

a) Determine la superficie requerida para cada área de trabajo.
b) Si se tiene además dos áreas de almacenamiento de material en proceso, una para medias tejidas y otra para medias teñidas, cada área de 16 m2 (ambientes cerrados con una puerta de acceso por seguridad de los materiales), recomiende la distribución de las áreas de trabajo y presente una disposición de planta. Se cuenta con un terreno de 240 m^2 (20 x 12). Utilice una superficie equivalente de 2 x 2.

8. De acuerdo con la información siguiente, determine el número de máquinas requerido para cumplir con la producción, así como el área requerida para su instalación.

Producto	Secuencia	Demanda / mes
X1	B – A – C	3.000 unidades
X2	A – B – C	12.000 unidades
X3	A – C – B	6.000 unidades

Producción estándar (unidades/hora)

Máquina	Operación	X1	X2	X3	Ss (m^2)	Núm. lados	K
A	Corte	30	12	15	2	2	0,5
B	Doblado	6	6	8	3	1	0,5
C	Remachado	12	30	10	2	2	0,5

Horas perdidas por reparación y mantenimiento:
Máquina A: 8,5 horas cada dos semanas.
Máquina B: 8,5 horas cada dos semanas.
Máquina C: 3,5 horas por cada semana.

Productos defectuosos de cada 1.000 productos procesados

Máquina	X1	X2	X3
A	60	0	30
B	35	45	55

Para la máquina C el promedio de productos defectuosos es de 3,5% para cualquier tipo de producto.

Las horas de trabajo en la empresa son: 45 horas de trabajo por semana y 4 semanas por mes.

La valoración del operario es de 85%.

9. Una empresa de confecciones requiere determinar el área total necesaria para un nuevo taller. Ha estimado para el área administrativa un requerimiento de 60 m^2, y un almacén para insumos y productos terminados de 120 m^2. No ha determinado aún el área de producción, por lo que solicita su asesoría.

El área de producción está dividida en corte, habilitado, confección y acabado:

En el corte se trabaja con cortadoras manuales, que se colocan encima de la mesa, una vez tendida la tela, el operador procederá a cortar de acuerdo con los moldes elegidos.

En el habilitado, sobre las mesas se ordenan las piezas cortadas por tallas y diseños, acomodándose luego en las canastillas que se encuentran esperando, al costado de cada una de ellas.

En la confección, cada operador tiene el material que requiere para su operación en una canastilla que se ubica al costado de la máquina.

En la limpieza, se quitan las hilachas, se dobla y finalmente se embolsa en bolsas de plástico transparente, que se traen del almacén de insumos y se colocan en la mesa. Luego, la producción es llevada al almacén en los carritos.

Se le pide:

a) Determinar el coeficiente de evolución para la planta.
b) Determinar el área requerida en cada una de las zonas de trabajo.
c) Proponer las dimensiones para toda la empresa.
d) Bosquejar la distribución de las zonas de trabajo, almacenes y área administrativa.

10. Se estudia la posibilidad de producir jabón líquido, con el fin de que se constituya en sustituto de otros artículos de tocador.

El jabón líquido requiere de una dilución del jabón obtenido en el proceso de saponificación con el fin de darle las bondades físicas requeridas.

Del análisis de producción se ha deducido el requerimiento de los siguientes equipos:

Maquinaria y equipo	n	D (mm)	H (mm)	N
Silos de almacenamiento	2	1.200	1.000	2
Tanques de blanqueo	2	800	600	2
Tanques de refinación	2	800	600	2
Tanques de saponificación	1	1.300	1.600	2
Dosificadores	2	300	800	2
Tanque mezclador	1	1800	1200	2

D = diámetro

Equipos de acarreo	n	L (m)	A (m)	N	H (m)
Carritos	1	5	4	1	2
Faja transportadora	1	4	4	4	4

- Número de operarios: 9
- Equipos de servicio ubicados fuera de la planta:

	N	L (m)	a (m)	N	H (m)
Grupo electrógeno	1	5	4	1	2
Cisterna	1	4	4	4	4

Hallar:

a) El factor K.

b) Las áreas totales para cada tipo de máquinas o equipos de la planta.

c) Calcular el área mínima requerida para la planta.

11. La empresa Ejecutive Line fabrica muebles de madera, sobre todo para oficinas. Actualmente el local de producción ha quedado pequeño debido al aumento de la demanda, por lo que tienen proyectado cambiarse a un local donde puedan trabajar con comodidad.

Las dimensiones en metros y el requerimiento de las máquinas y equipo de acarreo se muestran en el cuadro siguiente:

	Máquina	n	l(m)	a(m)	h(m)	ϕ(m)	N
Escritorios y estantes							
Corte	Sierra	3	1,0	0,6	0,8		2
	Escuadradora	1	1,5	0,5	0,8		2
Acabado	Lijadora	2	2,4	0,9	1,05		1
Prensado	Prensa	2	2,0	1,0	2,0		1
Sillas fijas							
Taladrado	Taladro	1	0,8	1,0	2,0	0,09	1
Soldado	Soldadora	1	-	-	1,1		1
Horneado	Horno	1	2,0	2,5	2,5		14
Armado	Mesa	1	4,0	2,0	1,0		
Silla giratoria							
Prensado	Prensa	2	2,0	0,9	2,0		1
Taladrado	Taladro	1	0,8	1,0	2,0		1
Corte	Sierra	1	1,0	0,5	0,8		1
Soldado	Soldadora	2	-	-	1,1	0,09	1
Armado	Mesa	1	4,0	2,0	1,0		4

Las sillas fijas y giratorias irán a la zona de armado manual para colocarles la espuma y el tapiz.

Las áreas de acopio para la espuma y el tapiz son de 2,25 m x 1,7 m y 2,15 m x 1,5 m, respectivamente, para cada una de ellas.

Las máquinas y equipos se pueden utilizar indiferentemente para cualquiera de los productos; para ello, se han asignado 9 operarios para hacer las sillas y 11 para los escritorios y estantes.

a) ¿Cuál es el área mínima teórica que propone para la disposición de la máquina y el equipo?
b) Indique los criterios utilizados para su propuesta, en cuanto a la determinación de las áreas de armado.
c) Defina las áreas de producción indicando la superficie ajustada para cada una de ellas (unidad de superficie equivalente 2 x 2).
d) En base a la información anterior, proponga un bosquejo de la disposición de planta.

Capítulo

15 Distribución general
Técnicas de las relaciones entre actividades

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- Tabla relacional
- Diagrama relacional de recorrido o actividades
- Diagrama relacional de espacios
- Disposición ideal
- Disposición práctica

Una vez definidas las diversas funciones de la empresa y tomada la decisión de las áreas funcionales que se ubicarán en una sola instalación, se deberá realizar un análisis de las relaciones entre dichas actividades. Este análisis es importante para definir su ubicación relativa y optimizar la distribución de las diferentes áreas, tanto administrativas como de producción.

El estudio nos llevará a determinar una disposición general de la planta, donde se incluyen todas las actividades, no solo aquellas que tienen un flujo continuo de materiales, sino también las relacionadas con las operaciones, la gestión y los servicios de la planta.

El análisis de las relaciones entre las actividades es un paso previo a la propuesta de distribución general. Este análisis permitirá desarrollar la propuesta de distribución, tomando en cuenta la importancia relativa de la cercanía entre distintas áreas, no solo productivas sino también administrativas y de servicios, por donde no existe un flujo de materiales.

1. Tabla relacional

Después de haber calculado, por el método de Guerchet, todos los espacios físicos que se requerirán para la planta, se procederá a analizar la disposición de estos con ayuda de la tabla relacional.

1.1 Definición

La tabla relacional es un cuadro organizado en diagonal, en el que aparecen las relaciones de cercanía o proximidad entre cada actividad (entre cada función, entre cada sector) y todas las demás actividades.

Además de mostrarnos las relaciones mutuas, evalúa la importancia de la proximidad entre las actividades, apoyándose en una codificación apropiada.

1.2 Procedimiento para su construcción

La construcción de esta tabla se apoya en dos elementos básicos:

- Tabla de valor de proximidad.
- Lista de razones o motivos.

La tabla relacional constituye una poderosa herramienta para preparar un planteamiento de mejora, pues permite integrar los servicios anexos a los servicios productivos y operacionales; además permite prever la disposición de los servicios y de las oficinas.

Cada casilla representa la intersección de dos actividades, a su vez cada casilla está dividida horizontalmente en dos; la parte superior repre-

senta el valor de aproximación y la parte inferior nos indica las razones que han inducido a elegir ese valor.

La escala de valores para la proximidad de las actividades queda indicada por las letras A, E, I, O, U, X; donde cada una de ellas tiene el siguiente valor:

Código	Valor de proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Normal u ordinario
U	Sin importancia
X	No recomendable

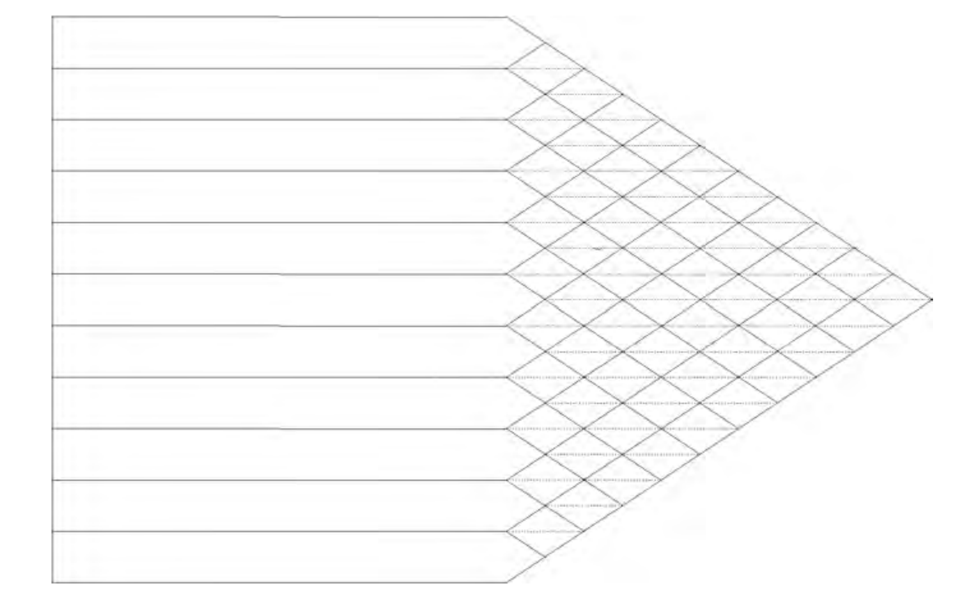
Con respecto a la lista de razones o motivos para el sustento del valor de proximidad, es recomendable elaborarla en forma independiente por cada tipo de empresa que se esté analizando. A continuación se muestra una lista general de razones:

- Importancia de los contactos directos.
- Importancia de los contactos administrativos o de información.
- Utilización de los mismos equipos industriales.
- Utilización de impresos o formatos comunes.
- Utilización del mismo personal.
- Conveniencias personales o deseos de la dirección.
- Inspección o control.
- Condiciones ambientales.
- Distracciones, interrupciones.
- Recorrido de los productos.

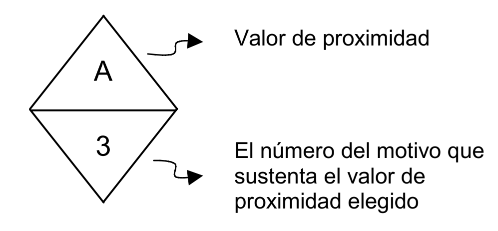
Una distribución general de la empresa no requiere de la identificación de estaciones o puestos de trabajo, sino tan solo de áreas de producción, gestión y servicios.

1.3 Esquema de la tabla relacional

El formato de la presentación de la tabla relacional es el siguiente:



Cada casillero indica:



Para que la calificación de la proximidad y la asignación de la razón sea lo más acertada, los responsables del estudio deben conocer perfectamente el área o sección por distribuir, así como el proceso de producción. Con el fin de complementar los datos, se deberá recoger información de las personas involucradas en el proceso.

Ejemplo 1

Para la planta de una empresa que se dedicará al procesamiento de plantas medicinales en cápsulas, se han determinado las siguientes áreas:

- Preparación de la materia prima
- Secado
- Encapsulado
- Envasado
- Almacén de materia prima
- Almacén de producto terminado
- Laboratorio de control de calidad
- Servicios higiénicos (damas)
- Servicios higiénicos (varones)
- Oficina
- Seguridad

A continuación se detallan nueve motivos existentes en la relación de una sección con otra, para realizar el proceso de producción.

Código	Motivos
1	No se desea el manipuleo ni la contaminación de la materia prima.
2	Después de su secado va embolsado al almacén de productos en proceso hasta ser requerido para el encapsulado.
3	Para no contaminar el producto.
4	Por el seguimiento del proceso.
5	Para facilitar el control e inventario en el almacén.
6	Por no ser necesario.
7	Por las tuberías de agua y desagüe.
8	Para el control de entrada y salida.
9	Por el polvo o el olor.

Solución

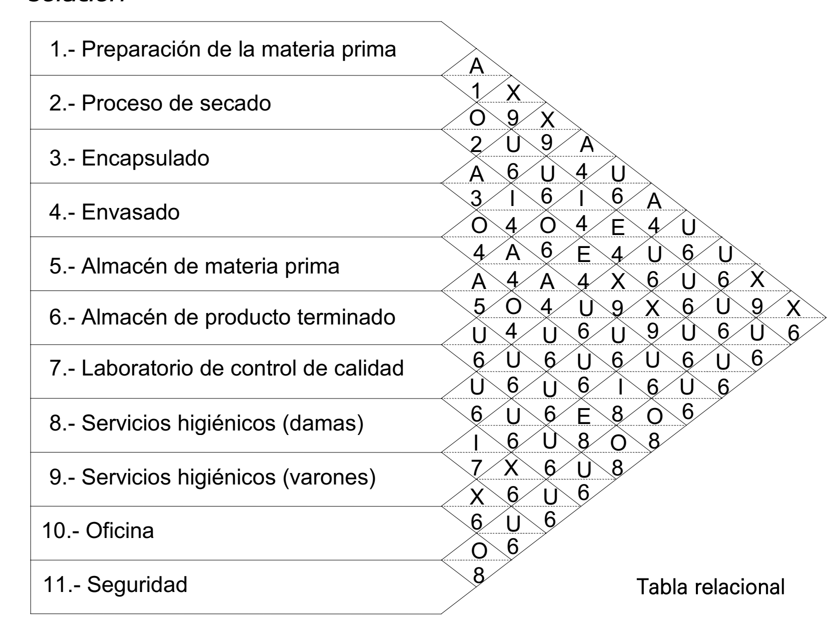


Tabla relacional

Leer bien la tabla relacional mediante los códigos de proximidad permitirá preparar el diagrama relacional de recorridos o actividades. Recuerde que lo único que no se graficará son las relaciones con los códigos U.

Conclusión

Tomando como base la tabla relacional de este ejemplo, tendremos los siguientes valores de proximidad:

A : (1,2) (1,7) (3,4) (4,6) (4,7) (5,1)
E : (2,7) (3,7) (5,10) (6,10)
I : (1,5) (2,6) (3,5) (8,9) (5, 10)
O : (2,3) (3,6) (4,5) (5,7) (5,11) (6,11) (10,11)
U : (1,6) (1,8) (1,10) (2,4) (2,5) (2,8) (2,9) (2,10) (2,11)
(3,10) (3,11) (4,8) (4,9) (4,10), (4,11) (5,8) (5,9) (6,7)
(6,8) (6,9) (7,9) (7,9) (7,10) (7,11) (8,11) (9,11)
X : (1,3) (1,4) (1,10) (1,11) (3,8) (3,9) (8,10) (9,10)

2. Diagrama relacional de recorrido o actividades

2.1 Definición

Es una técnica que permite observar gráficamente todas las actividades en estudio de acuerdo con su grado o valor de proximidad entre ellos. En caso se tome como valor de proximidad la intensidad de recorrido, el diagramado estará representando la necesidad de minimizar las distancias entre áreas de trabajo.

2.2 Procedimiento para su construcción

Los puntos esenciales para su trazado son los siguientes:

- Un conjunto adecuado y sencillo de símbolos para identificar cualquier actividad (véase gráfico).
- Un método que permita indicar la proximidad relativa de las actividades y la intensidad relativa del recorrido de los productos.

Símbolo	Color	Actividad
○	Rojo	Operación (montaje o submontaje)
○	Verde	Operación, proceso o fabricación
⇨	Amarillo	Transporte
▽	Naranja	Almacenaje
□	Azul	Control
◠	Azul	Servicios
⇧	Pardo	Administración

Identificación de actividades

Código	Proximidad	Color	Nº de líneas	
A	Absolutamente necesario	Rojo	4	rectas
E	Especialmente importante	Amarillo	3	rectas
I	Importante	Verde	2	rectas
O	Normal	Azul	1	recta
U	Sin importancia	---		---
X	No deseable	Plomo	1	zig-zag
XX	Altamente no deseable	Negro	2	zig-zag

Tabla de código de las proximidades

Teniendo como base la tabla relacional, debemos agrupar todas las actividades de acuerdo con su valor de proximidad.

- Usar un papel en blanco de forma rectangular, en el cual se construirá el gráfico.
- Agrupar las actividades por pares, teniendo en cuenta el valor de proximidad (de acuerdo con la tabla relacional).
- Ingresar al papel de forma aleatoria respecto de la ubicación y representar todas las actividades de valor de proximidad A, empleando para ello la información de los dos cuadros auxiliares.
- Cuando ya se han dibujado todas las relaciones tipo A, se añaden las relaciones que siguen, en orden de importancia. Al añadir relaciones, se debe estudiar bien la posición donde van a ir las áreas, para evitar el cruce de las líneas que establecen la relación de esas áreas con otras.
- Para realizar las recomendaciones del paso anterior, se deben desplazar, retirar y cambiar de posición las actividades ya graficadas. Así se obtendrá un gráfico definitivo, con una buena presentación.

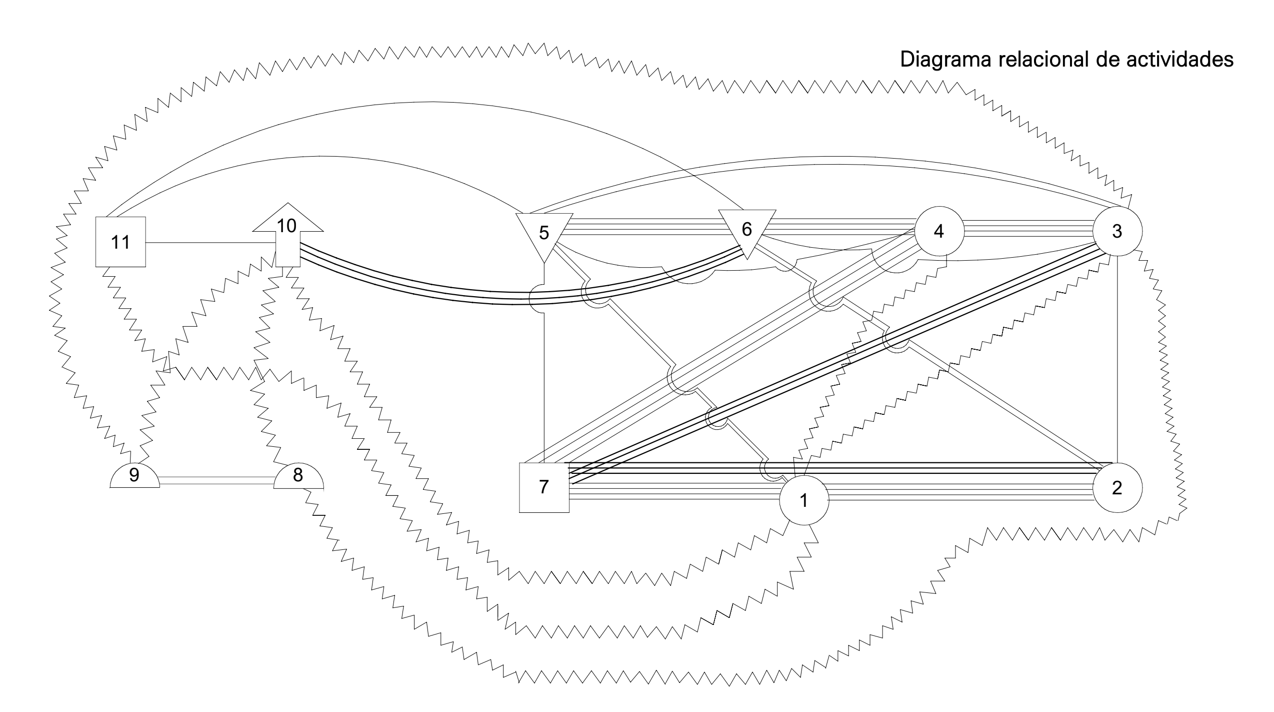
Ejemplo 2

Hay que presentar el correspondiente diagrama relacional de actividades para la planta, cuya tabla relacional se muestra en el ejemplo 1.

Solución

A continuación se presenta el diagrama relacional

Diagrama relacional de actividades



Conclusión

El diagrama presenta la ubicación relativa de las áreas de trabajo (no se considera conveniente graficar las relaciones calificadas como "sin importancia").

3. Diagrama relacional de espacios

Este diagrama se utiliza con la finalidad de visualizar gráficamente la distribución de las áreas, tomando como base su importancia de proximidad. Para ello, en el diagrama relacional de actividades se asignan las áreas correspondientes a cada actividad o sección.

Para la presentación de las áreas se debe trabajar con una unidad de área para facilitar su presentación y poder adoptar variadas formas, que posteriormente permitan unificar las áreas hasta formar el área completa de la planta o taller.

Entiéndase como unidad de área la unidad representativa que permite visualizar un área requerida en diferentes formas, garantizando su funcionalidad.

El diagrama relacional de espacios presenta una alternativa de ordenamiento físico de la planta, considerando los aspectos de proximidad o lejanía.

Ejemplo 3

Siguiendo con los ejemplos 1 y 2, se elegirá una unidad de área de 4 m^2, esto es 2×2 m, de acuerdo con el siguiente recuadro:

Símbolos	Actividades	Áreas	N.º de unidades de superficies equivalentes
1	Preparación de M. P.	32	8
2	Proceso secado	48	12
3	Encapsulado	16	4
4	Envasado	44	11
5	Almacén M. P.	16	4
6	Almacén P. T.	16	4
7	Laboratorio de C. C.	20	5
8	Servicios H. D.	20	5
9	Servicios H. V.	20	5
10	Oficinas administrativas	24	6
11	Seguridad	4	1

Solución

A continuación se presenta el diagrama que ilustra este ejemplo:

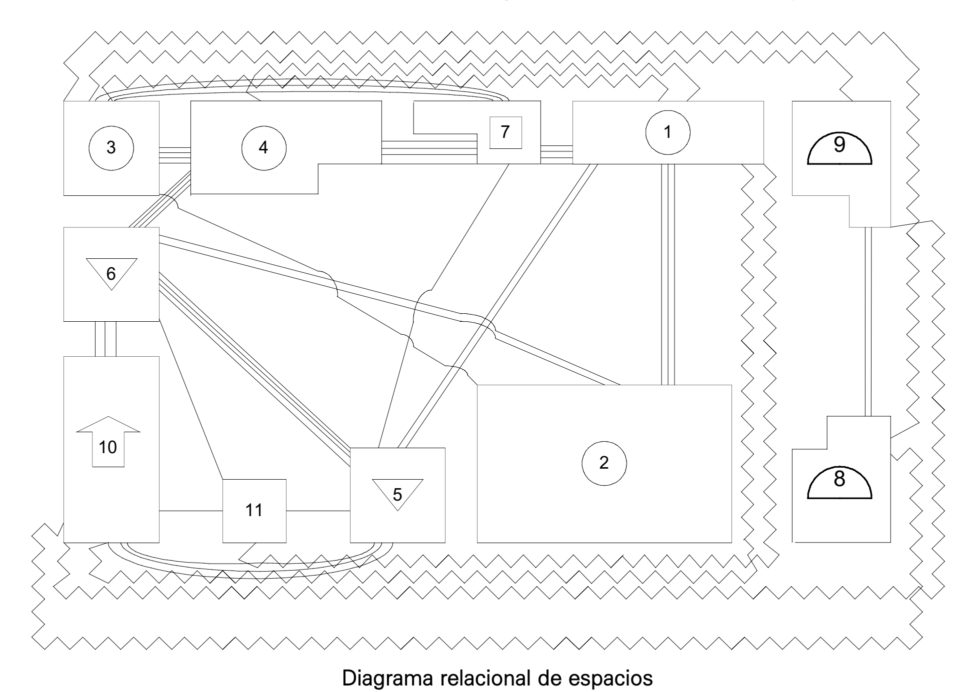


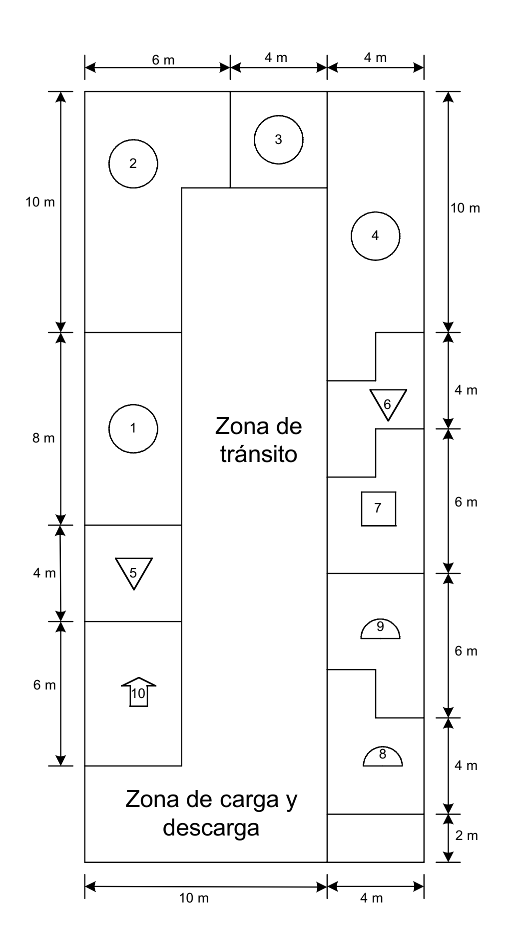
Diagrama relacional de espacios

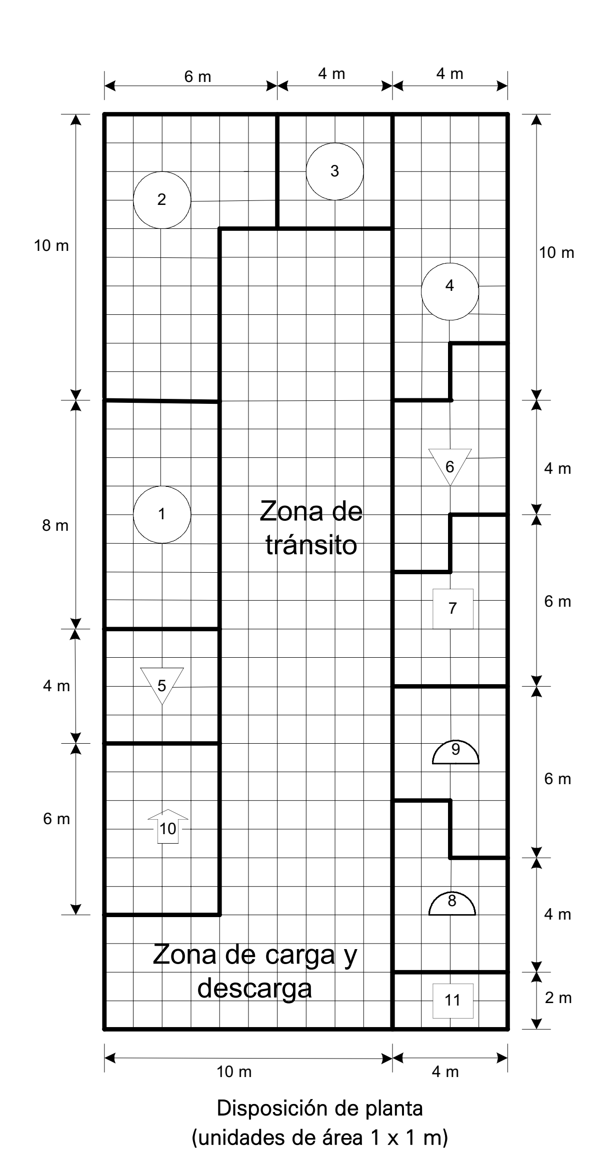
Conclusión

En el diagrama relacional de espacios se muestran las áreas correspondientes, habiéndoseles asignado formas preliminares.

4. Disposición ideal

Con la finalidad de presentar una disposición compacta, se juntan las áreas asignadas a los departamentos, respetando las dimensiones de la propuesta inicial para cada área; asimismo, se respetan las relaciones importantes. La representación de la disposición ideal del ejemplo 3 será la siguiente:





Disposición de planta
(unidades de área 1 x 1 m)

5. DISPOSICIÓN PRÁCTICA

A partir de la disposición ideal se trasladan las áreas a un plano del terreno segmentado en unidades de área (2 x 2); el traslado de cada área se hará respetando el área requerida, pero si fuera necesario se modificará la forma del área, haciendo uso del número de unidades equivalentes.

Ejemplo 4

Una empresa metalmecánica, dedicada a la fabricación de tornillos y de *stone-bolt*, desea llevar a cabo un estudio para mejorar la disposición de su planta actual.

Al revisarse el proceso productivo se encontró que la fabricación de ambos productos se lleva a cabo de manera similar, con alambrón de fierro como materia prima, siendo el consumo mensual de cuatro toneladas aproximadamente, de las cuales se destina el 80% a la producción de tornillos y el resto a la de *stone-bolt*.

Después de su elaboración, los productos son inspeccionados para su embolsado en gruesas y trasladados al almacén.

Uno de los problemas que ha encontrado el estudio es que se llevan a cabo numerosos traslados entre un área de trabajo y otra, originando fatiga y disminución planificada.

Ante tal situación se recomienda plantear una alternativa nueva de disposición de planta.

Solución

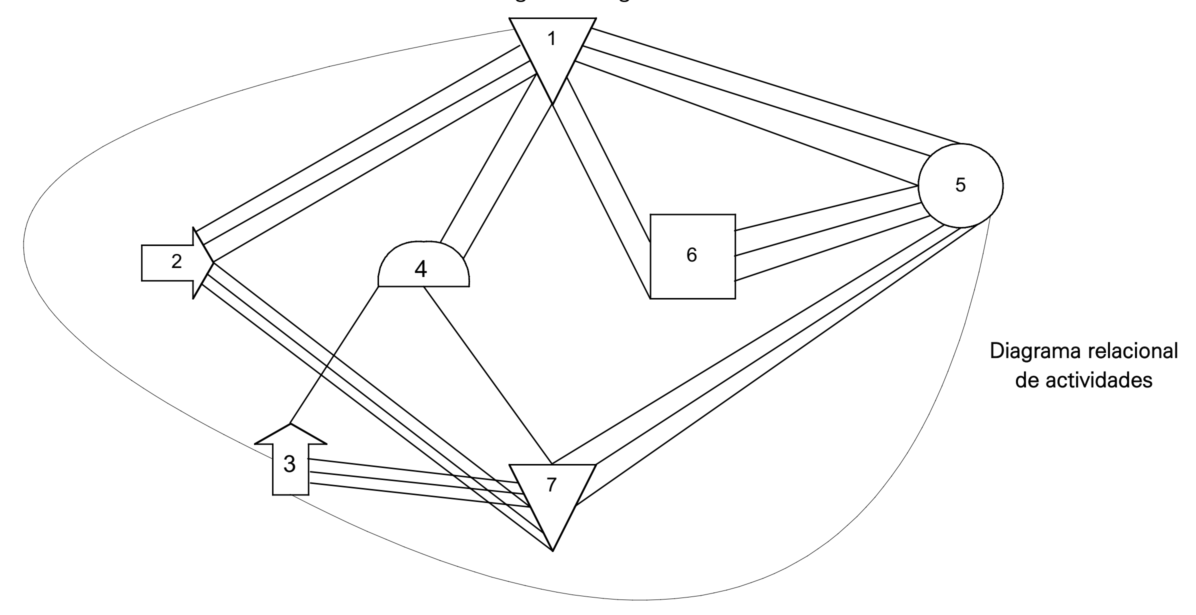
En primer lugar se desarrolla la tabla relacional de actividades que se presenta a continuación:



Motivos:

1 Por secuencia de operaciones
2 Por complementación de área
3 Abastecimiento de materiales
4 Control
5 Gestión logística
6 Sin relación
7 Necesidades de información

A partir de la tabla relacional se elabora el diagrama siguiente:

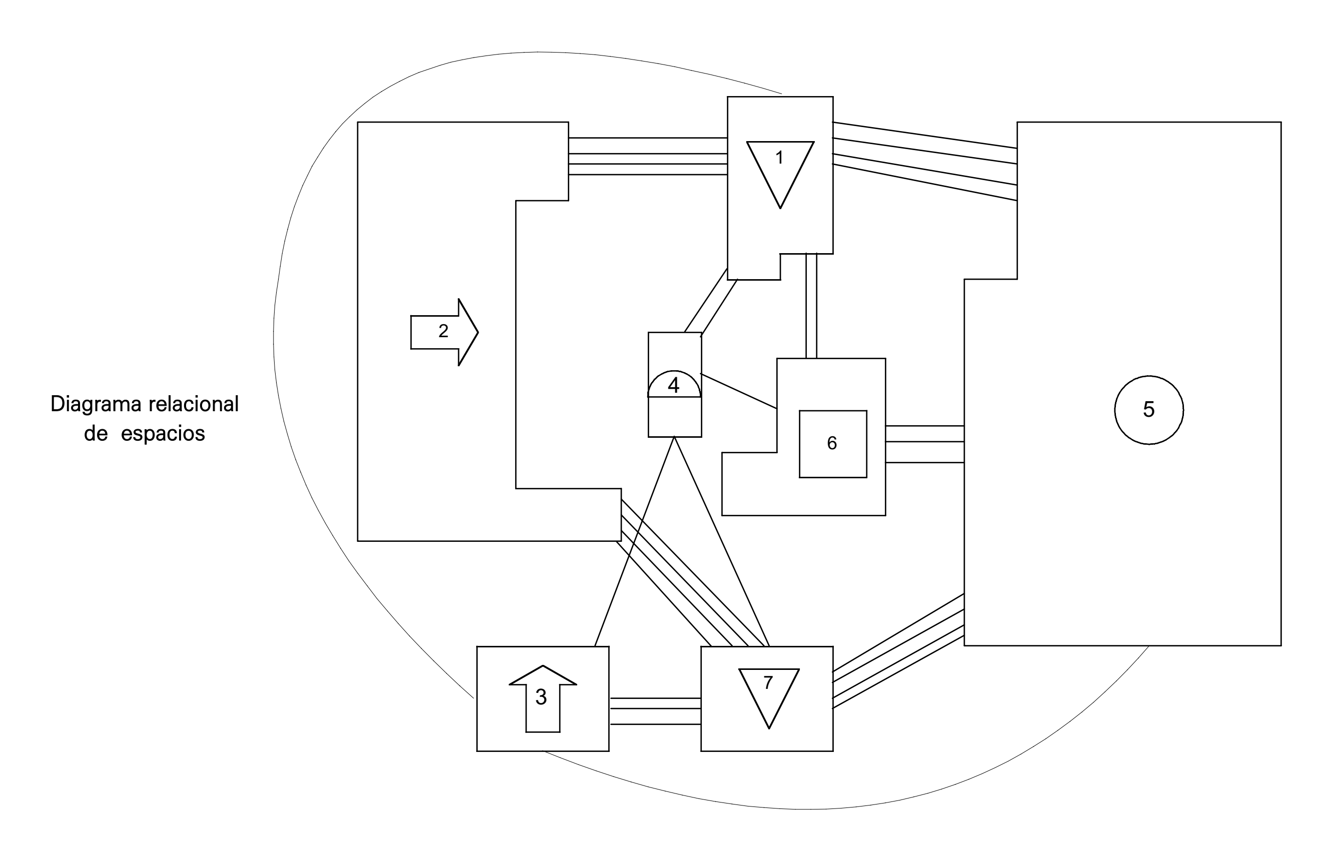


Luego se determina el número de unidades equivalentes a las superficies requeridas

Áreas	Superficie requerida m^2	N° de unidades de superficie requerida
Almacén de materia prima	22	5,5
Patio de carga y descarga	80	20
Administración	18	4,5
Servicios higiénicos	6	1,5
Producción	160	40
Control de calidad	20	5
Almacén de productos terminados	20	5
Total	326	

Con la información del cuadro anterior y tomando como referencia las ubicaciones relativas que propone el diagrama relacional de actividades se plantea el siguiente diagrama:

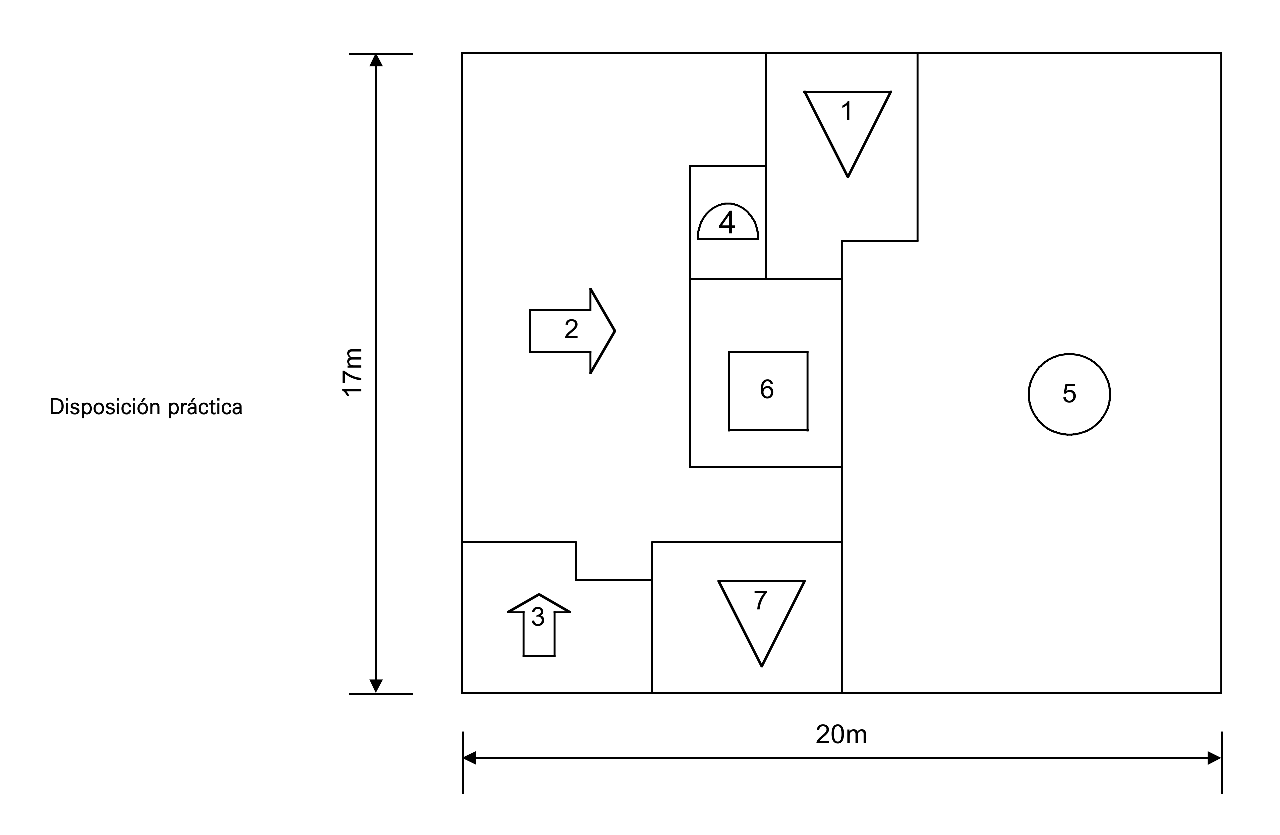
Diagrama relacional de espacios



Conclusión

Como resultado del análisis de relaciones se obtendrá la siguiente distribución de planta:

Disposición práctica



Ejemplo 5

Milenium Inversiones S.A. ha decidido invertir en una empresa fabricante de calzado. Ha determinado las diferentes actividades requeridas y las áreas correspondientes.

Tendrá una reunión con los especialistas que construirán la planta y para ello necesitan la distribución.

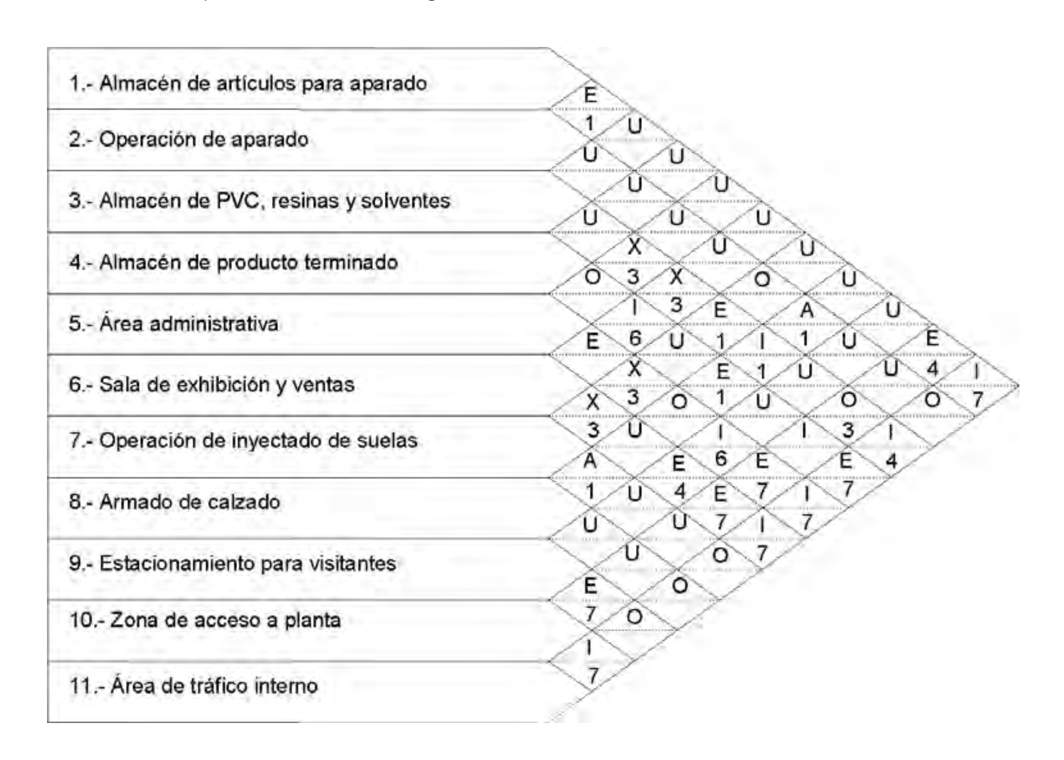
Se recomienda que el tráfico interno sea central, teniendo la zona frontal de acceso a la planta en el lado menor del terreno.

En la tabla encontrará la información que ellos presentaron:

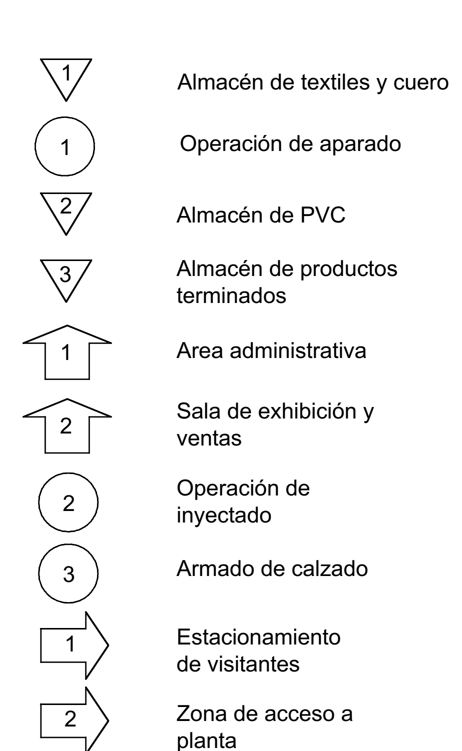
	Actividades	Área requerida m^2
1.	Almacén de artículos para aparado	7 x 6
2.	Operación de aparado	8 x 7
3.	Almacén de PVC	9 x 7
4.	Almacén de producto terminado	8 x 7
5.	Área administrativa	7 x 6
6.	Sala de exhibición y ventas	7 x 4
7.	Inyectado de suelas	13 x 6
8.	Armado de calzado	9 x 7
9.	Estacionamiento para visitantes	9 x 5
10.	Zona de acceso a planta	15 x 9
11.	Áreas de tráfico interno	Mínimo 100 m^2

Código	Motivo
1	Secuencia de operaciones
2	Trámites administrativos
3	Olores fuertes
4	Requerimiento de recepción
5	Requerimiento de despacho
6	Atención a clientes
7	Comunicación y flujo

Con esta información plantee usted lo siguiente:



- Diagrama relacional de actividades
- Disposición de planta considerando un terreno de 38 x 20 m^2



Solución

Se desarrolla el diagrama relacional de actividades

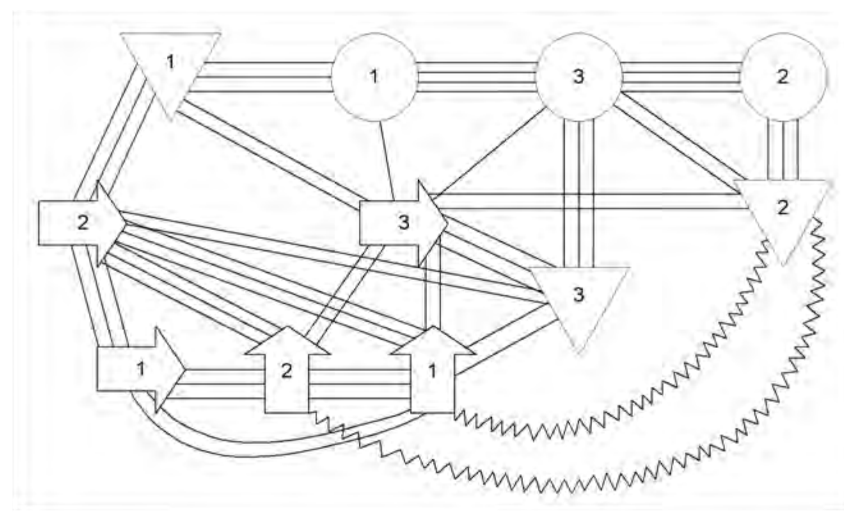
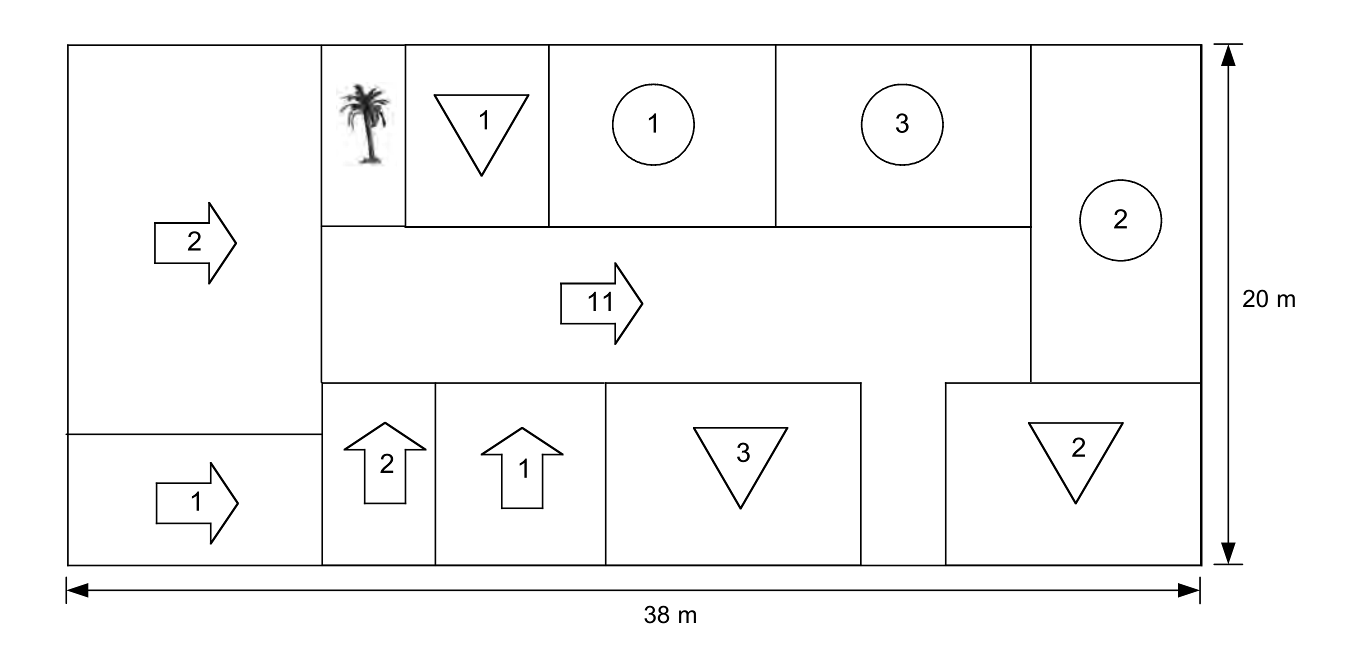


Diagrama relacional de actividades

Conclusión

A partir del diagrama relacional de actividades y considerando las áreas requeridas, se llega a la siguiente disposición de planta.



Problemas propuestos

1. Una empresa de producción de artefactos de iluminación analiza su disposición de planta y presenta la tabla relacional de actividades elaborada para iniciar el estudio correspondiente en la etapa de distribución general.

El producto líder de esta empresa es un producto representativo de la línea blanca denominado "lámpara fluorescente". Está constituido por tres lámparas e incluye un chasis con pantallas esmaltadas.

Las cabeceras y tapas son elaboradas en el área de producción.

Las planchas de plástico acrílico son acondicionadas en el área de plásticos.

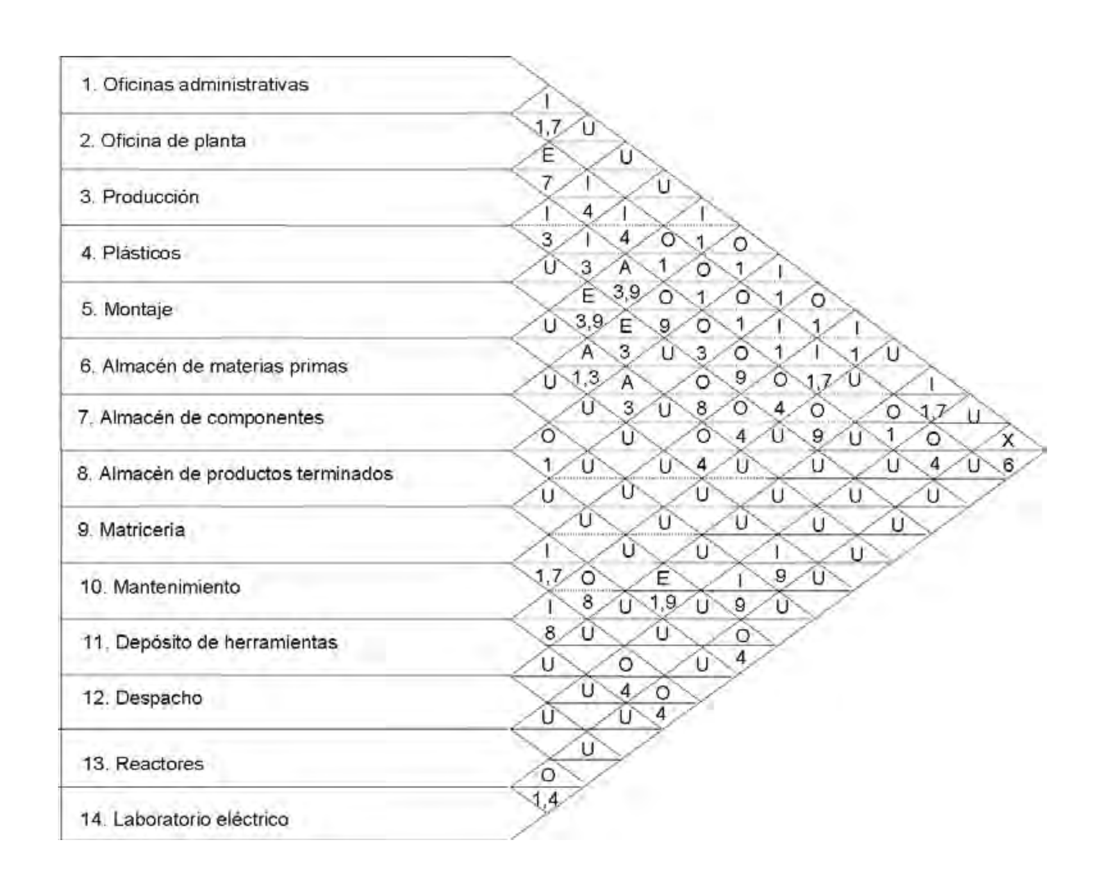
Los componentes tales como alambres, portalámparas, pernos, etc., se depositan en el almacén de componentes hasta que sean requeridos.

Las pruebas de los productos se desarrollan en el laboratorio eléctrico.

Los reactores son ensamblados en el área de reactores.

El montaje del chasis con el plástico se realiza en el área de montaje.

Tabla relacional de actividades



Motivos

1 Importancia de información
2 Distracciones e interrupciones
3 Recorrido de productos
4 Inspección o control
5 Ruidos
6 Peligros
7 Importancia de contactos directos
8 Utilización de equipos comunes
9 Abastecimiento de material

Nota: No se han asignado motivos a las relaciones innecesarias tipo U.

2. En una empresa de ensamblaje se requiere hacer una redisposición de planta; para ello, se han realizado los estudios iniciales y se cuenta con la información que se indica.

Tabla relacional

Actividad	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Recepción	A 1	A 2	E 4	O	U	U	A 6	O
2. Despacho		E 4	A 2	U	0	U	E 6	U
3. Almacén de materia prima y piezas			E 4	A 2	U	U	E 4	A 9
4. Almacén de productos terminados				E 2	0	A 2	E 4	U
5. Área de producción					A 2	A 2	0	A 3
6. Almacén de productos en proceso						A 2	0	0
7. Ensamble							X 8	A 3
8. Oficinas								X 8
9. Mantenimiento								

Tabla de razones o motivos

Código	Razón
1	Empleo de la misma rampa
2	Flujo de materiales
3	Servicio
4	Conveniencias
5	Control de inventario
6	Comunicación
7	Mismo personal
8	Limpieza
9	Flujo de piezas

Las áreas calculadas para cada actividad son las siguientes:

	Actividad	Área (m^2)
1.	Recepción	62
2.	Despacho	65
3.	Almacén de materia prima	512
4.	Almacén de productos terminados	508
5.	Área de producción	640
6.	Almacén de productos en proceso	60
7.	Ensamble	220
8.	Oficinas	510
9.	Mantenimiento	64

Trabajar con unidades de superficie igual a 16 m^2
El terreno disponible es de 64 m $\times$ 40 m
A partir de esta información, desarrolle el diagrama relacional de actividades, el diagrama relacional de espacios y la disposición de planta.

3. Con la siguiente información, proponga una alternativa de distribución para una planta metalmecánica que presenta las siguientes secciones:

	Área (m^2)
a) Oficina de administración y ventas	96
b) Tienda de exhibición	64
c) Almacén de materia prima	80
d) Almacén de productos terminados	120
e) Área de preparación	100
f) Área de ensamble	180
g) Área de acabado	80
h) Patio de recepción y despacho	160
Zona de ingreso y estacionamiento	128

Información:

a) Tabla relacional

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Administración y ventas.		A 4	I 7	I 7	X 3	X 3	X 3	O 7	I 5
2. Tienda de exhibición.			U 7	O 7	X 3	X 3	X 3	O 7	I 5
3. Almacén materia prima.				U 6	A 1	I 1	O 6	A 2	O 6
4. Almacén productos terminados.					U 6	O 1	A 1	A 2	O 6
5. Área de preparación.						A 1	O 4	U 1	X 3
6. Área de ensamble.							A 1	O 6	U 7
7. Área de acabado.								I 1	U 7
8. Patio de recepción y despacho.									A 6
9. Zona de ingreso y estacionamiento									

b) Tabla de razones o motivos

Código	Motivo
1	Secuencia de proceso
2	Recepción y despacho
3	Excesivo ruido
4	Mismo personal
5	Servicio
6	Flujo de materiales y PT
7	Conveniencias

c) El área de la planta es de 1.008 m^2 (36 x 28). Trabaje con unidades de superficie de 4 m^2.

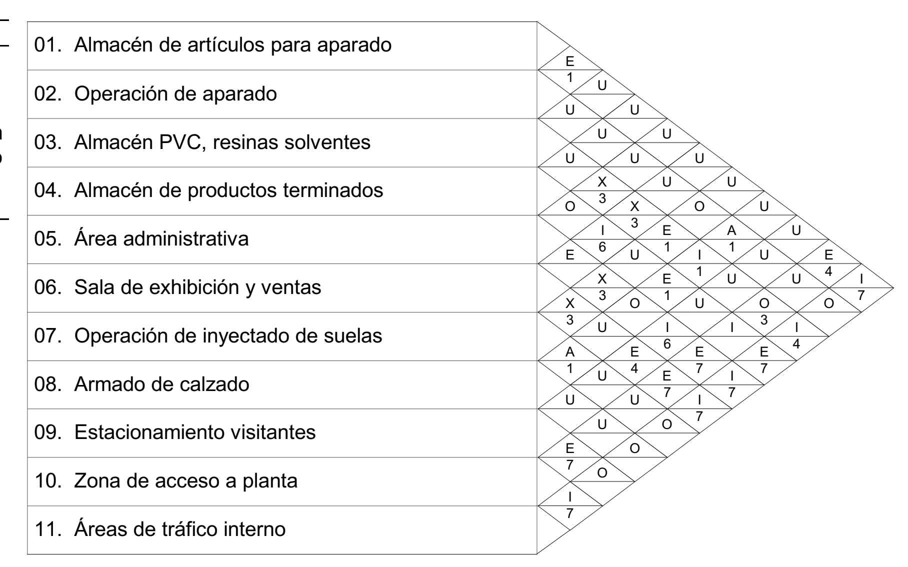
Elabore el diagrama relacional de actividades o recorridos y el diagrama relacional de espacios con su respectiva distribución.

4. Milenium Inversiones S.A. ha decidido invertir en una empresa productora de calzado. Ha determinado las diferentes actividades requeridas y las áreas correspondientes. Tendrá una reunión con los especialistas que construirán la planta y, para ello, requieren saber la distribución que tendrá la planta.

A continuación se muestra la información que presentaron:

Actividades		Área requerida (m)
1.	Almacén de artículos para aparado	7 x 6
2.	Operación de aparado	8 x 7
3.	Almacén de PVC	9 x 7
4.	Almacén de producto terminado	8 x 7
5.	Área administrativa	7 x 6
6.	Sala de exhibición y ventas	7 x 4
7.	Inyectado de suelas	13 x 6
8.	Armado del calzado	9 x 7
9.	Estacionamiento de visitantes	9 x 5
10.	Zona de acceso a la planta	15 x 9
11.	Áreas de tráfico interno	Mínimo 100 m^2

Código	Lista de motivos
1	Secuencia de operaciones
2	Trámites administrativos
3	Olores fuertes
4	Requerimiento de recepción
5	Requerimiento de despacho
6	Atención a clientes
7	Comunicación y flujo



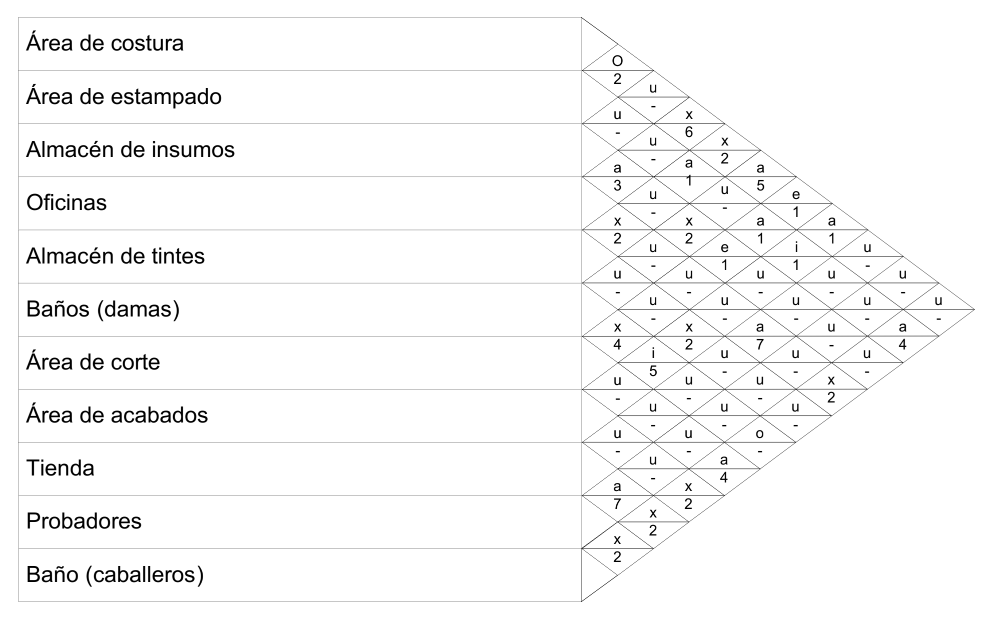
Con esta información, plantee lo siguiente:

a) Diagrama relacional de actividades.
b) Disposición de planta considerando un terreno de 38 x 20 m^2.

Nota: Se recomienda que el área de tráfico interno sea central, con la zona frontal de acceso a la planta en el lado menor del terreno.

5. Manufacturas textiles nació hace 18 años, estableciéndose en un pequeño local en Jesús María, donde empezó con unas cuantas máquinas. En la actualidad cuenta con 3 pisos, con un área de 30 x 12 metros por piso.

Esta empresa está interesada en reordenar sus áreas en estos tres pisos, para lo cual ha contratado los servicios de un practicante, quien ha elaborado la tabla relacional que se muestra a continuación:



Lista de motivos:
1) Secuencia del proceso
2) Olores fuertes
3) Control
4) Personal masculino para corte y estampado
5) Personal femenino para costura y acabados
6) Ruido
7) Atención a los clientes

Además, se efectuaron algunos cálculos para aprovechar eficientemente las áreas de terreno y se obtuvieron los siguientes datos:

Actividades	**Dimensiones (m)**
Área de costura	12 x 18
Área de estampado	6 x 24
Almacén de insumos	6 x 12
Oficinas	6 x 30
Almacén de tintes	6 x 10
Baño (damas)	4 x 6
Área de corte	6 x 20
Área de acabados	120 m^2
Tienda	6 x 6
Probadores	3 x 6
Baño (caballeros)	6 x 6

Se le pide que:
a) Asigne el símbolo apropiado a cada una de las actividades de la tabla relacional.
b) Identifique y liste las relaciones A, E, I, X.
c) Presente el diagrama relacional de actividades o recorrido considerando los símbolos asignados. Utilice los colores correspondientes y las líneas apropiadas.
d) Presente la propuesta de distribución de la planta e indique las actividades de cada piso.
e) Indique en el plano las zonas de acceso y las escaleras de cada piso.

Capítulo

16 Distribución de detalle
Técnicas del análisis del recorrido

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- Diagrama de recorrido sencillo
- Diagrama multiproducto
- Análisis de transportación
- Análisis matricial

A partir de la distribución general de las instalaciones de la empresa, nos enfocaremos en hacer un estudio detallado del ordenamiento físico que se establecerá en la planta. Para ello se presentan algunas metodologías que pueden ser aplicadas, dependiendo del sistema de producción elegido. El estudio podrá tomar en cuenta los recorridos de los productos, la ubicación de los diferentes procesos, así como su ritmo de producción.

El análisis del recorrido es la base sobre la que se funda la preparación del planeamiento de la disposición de planta, cuando los movimientos de los materiales representa una parte importante del proceso o cuando los volúmenes, los materiales o los pesos en juego son considerables, o bien cuando los costos de transporte o de manutención son elevados, comparados con los costos de las operaciones, el almacenaje o la verificación.

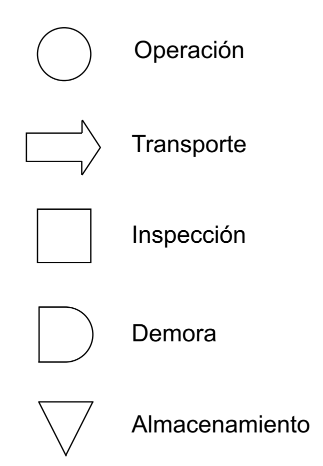
El método para el análisis depende del volumen y de la variedad de productos fabricados.

- Si se trata de un solo producto, o de algunos productos o artículos estandarizados, debe utilizarse el diagrama de recorrido sencillo y el balance de línea.
- Si se trata de varios productos o artículos y se requiere un análisis comparativo de la disposición de planta y el recorrido de los productos, debe utilizarse el diagrama multiproducto.
- Si se trata de muchos productos o artículos y se conocen las cantidades o el número de movimientos entre los procesos, pero no se conocen las distancias exactas, se recomienda el método de enfoque gráfico simple o el análisis de transportación.
- Si se trata de un gran número de productos variados y se conocen las cantidades de producción y las distancias por recorrer, debe utilizarse el análisis matricial.

1. Diagrama de recorrido sencillo

Es una técnica del estudio de métodos que a través de un gráfico nos muestra dónde se realizan las actividades del proceso productivo sobre el plano de distribución de planta. La ruta de los movimientos se señala por medio de líneas, cada actividad es identificada y localizada en el diagrama por el símbolo correspondiente y se numera de acuerdo con la secuencia ordenada de actividades del proceso.

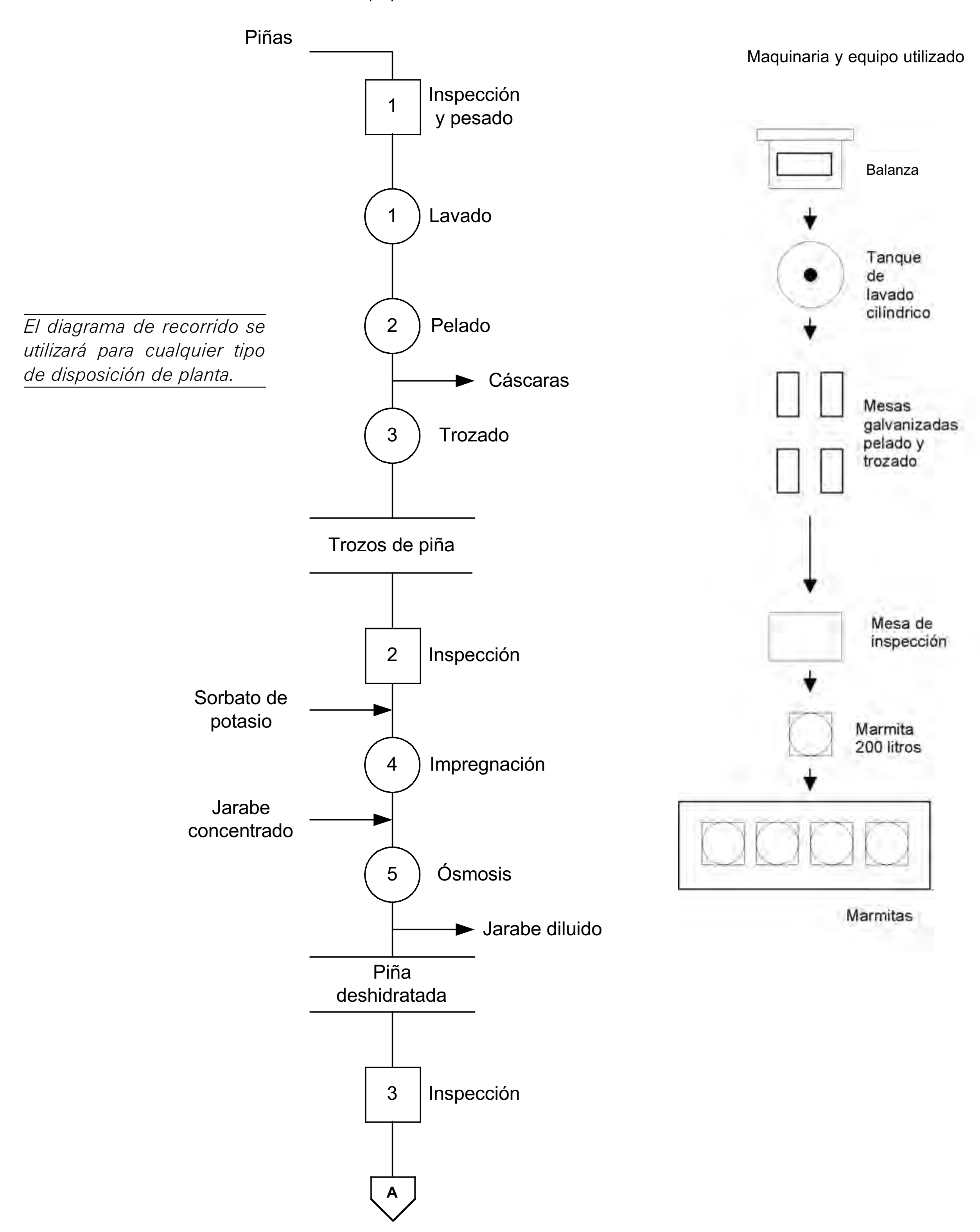
Los símbolos empleados son los que se muestran al margen:

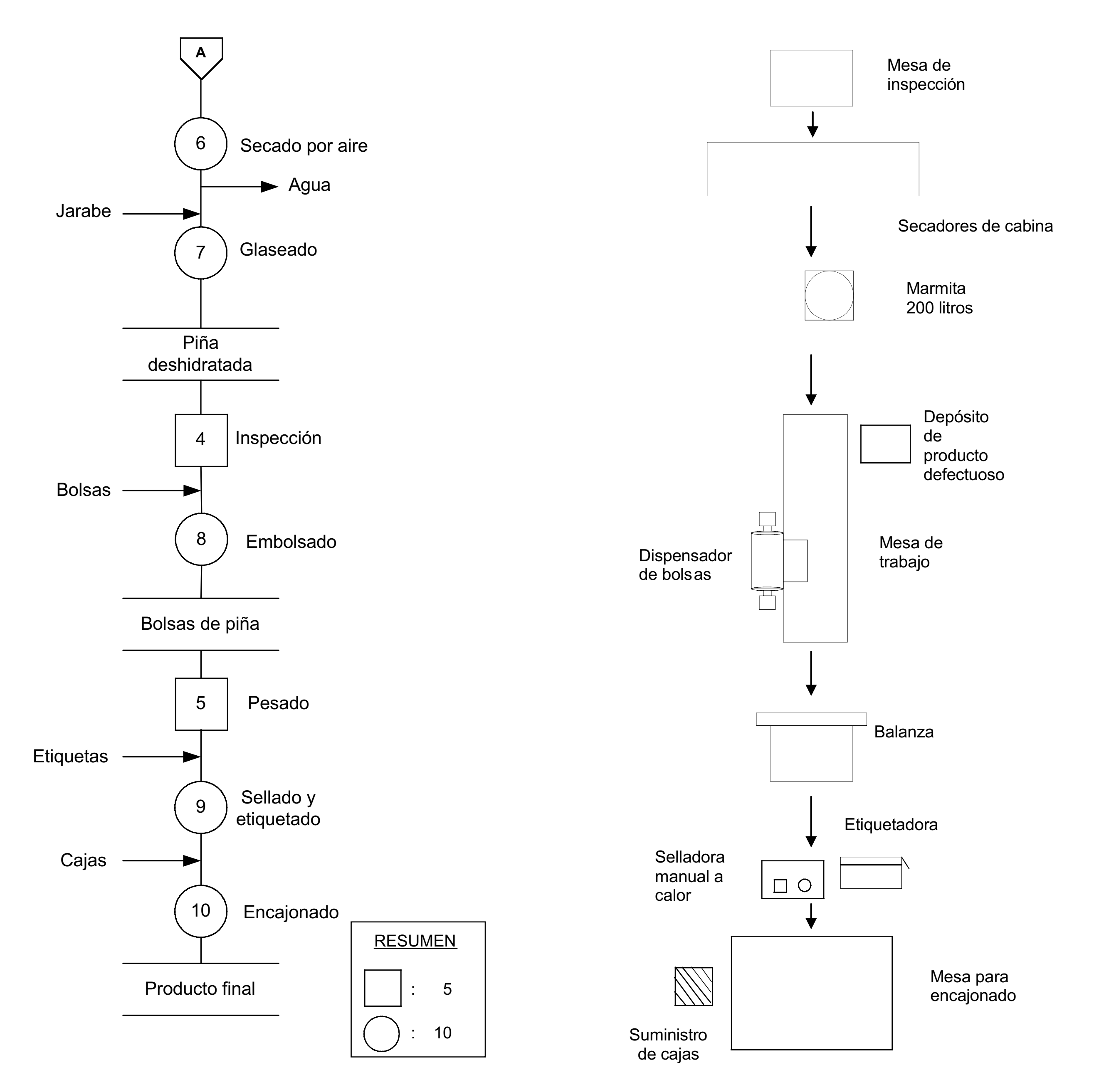


Símbolos para el diagrama de recorrido sencillo

Tomando como base la información de un diagrama de operaciones como el que se muestra en el diagrama, se podrá realizar la secuencia de actividades en un plano a escala donde se ubican las maquinarias y equipos.

El diagrama de recorrido se utilizará para cualquier tipo de disposición de planta.





1.1 Balance de línea

El balance de línea es una distribución de las actividades secuenciales de trabajo en los centros laborales para lograr el máximo aprovechamiento posible de la mano de obra y del equipo; reduciendo o eliminando el tiempo ocioso. Las actividades que son compatibles entre sí, se combinan en grupos de tiempos aproximadamente iguales, que no violan la precedencia de las relaciones (Monks, 1991).

Ejemplo 1

Una empresa metalmecánica fabrica andadores para niños. El ensamblado final de las piezas que conforman el producto es un proceso en línea o en cadena.

Las tareas (operaciones) necesarias son las siguientes:

	Precedencia	Tiempo (min)
Colocado de garruchas en aro	-	160
Colocado de ruedas en garruchas	1	40
Colocado de asiento de lona en horquilla recta y horquilla doblada	-	30
Remachado de horquilla (recta y doblada)	3	108
Colocado de horquillas al aro	2,4	180
Colocado de cinta protectora alrededor de las horquillas y aro (cuando el ensamble está listo)	5	55
Colocado de bandeja en horquilla doblada	6	20
Embolsado del producto	7	40
	Σ ti = 633 cmin = 6,33 min	

Para el año siguiente, la empresa debe elevar su producción a 225 andadores por día, operando en un solo turno de 7,5 horas de trabajo efectivo.
Se pide:

- Indicar el número de estaciones para este proceso.
- Realizar el balance de línea, teniendo en cuenta que se pueden realizar operaciones paralelas y respetando la precedencia (considerar un operario por estación).
- Si el proceso de ensamble dispone de un espacio de 36 m^2 dispuesto en L y cada estación podría tener un área de 3 x 3 metros, ¿cuál será la distribución adecuada?

El balance de línea se aplicará para el caso de plantas con disposición por producto o en cadena.

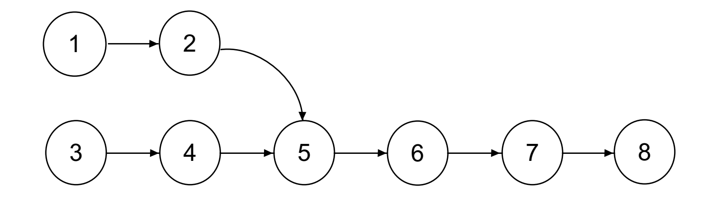
Solución

- Evaluación del número de estaciones:
  – Producción diaria: 225 unidades
  – Número de unidades por hora
    r = 225 / 7,5 = 30 unidades por hora
  – Tiempo de cadencia
    c = 1 / 30 x 60 = 2 minutos por unidad
  – El número mínimo de estaciones se expresará como:
    n = Σ ti / c
  – Número mínimo de estaciones
    n = 6,33 / 2 = 3,165 ≈ 4 estaciones
  – Así, el tiempo ocioso probable será: to = (n x c) - Σ ti
  – Tiempo ocioso de la línea   to = (4 x 2) – 6,33 = 1,67 minutos
  La eficiencia será:

$$Ef = \frac{\Sigma \text{ ti}}{\text{Número de estaciones x tiempo de cadencia}}$$

$$Ef = \frac{6{,}33 \text{ min}}{4 \times 2 \text{ min}} = 79{,}125\%$$

- Elaboramos la red para visualizar la secuencia



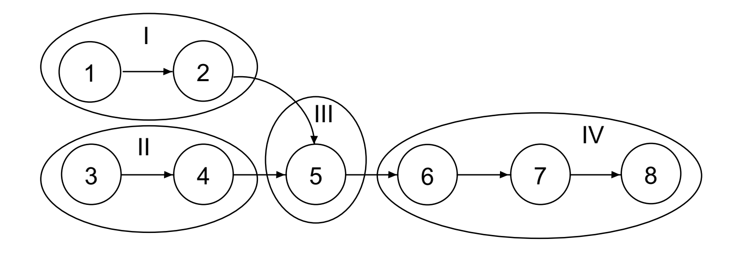
Asignación de tareas a las estaciones, tomando en consideración los mayores tiempos de ejecución de estas y respetando la precedencia de las tareas.

Para la asignación se debe tener en cuenta lo siguiente:

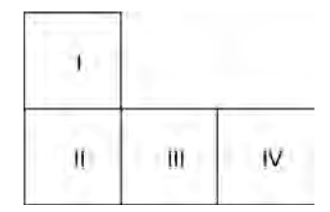
– No haber sido asignadas.
– Tareas precedentes ya asignadas a esta o a una estación previa.
– Tiempos de ejecución menores que el tiempo ocioso de la estación.

Estación	Tareas asignadas	ti	Tareas asignadas	Tiempo ocioso
I	1,3	1,6 0,3	1	0,4
	3,2	0,3 0,4	2	0
	3	0,3	3	1,7
II	4	1,08	4	0,62
	5	1,8	--	0,62
III	5	1,8	5	0,2
	6	0,55	6	1,45
IV	7	0,2	4	1,25
	8	0,4	8	0,85
			Tiempo ocioso	1,67

- Del resultado anterior hacemos un croquis con la unión de estaciones.



Considerando las áreas propuestas para cada estación de trabajo se obtendrá la siguiente distribución:



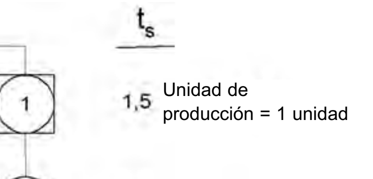
Conclusión

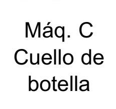
El balance de línea afectará la distribución de la planta debido a la determinación de estaciones de trabajo que incluyen varias tareas.

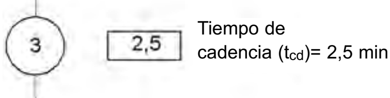
En el siguiente ejemplo podemos observar el ajuste de la disposición.

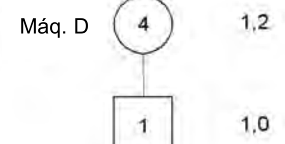
Ejemplo 2

Determine el número de estaciones de trabajo para cada caso en la siguiente línea de producción (véase gráfico):









Sïtuación inicial:

1 operario por actividad

1 actividad por estación de trabajo

$$\text{Ritmo de producción} = \frac{1 \text{ unidad}}{2,5 \text{ min}} = 0,4 \text{ unid/min}$$

Producción por hora = 0,4 unid/min x 60 min/hora = 24 unid/hora

$$\text{Eficiencia de línea} = \frac{\text{Tiempo de ciclo}}{\text{Tiempo de cadencia x N° de estaciones}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{8,2}{2,5 \times 6} \times 100 = 54,6\%$$

- *Caso 1*:

Se busca mejorar la eficiencia a través de la unión de estaciones, eliminando o disminuyendo los tiempos ociosos por estación.

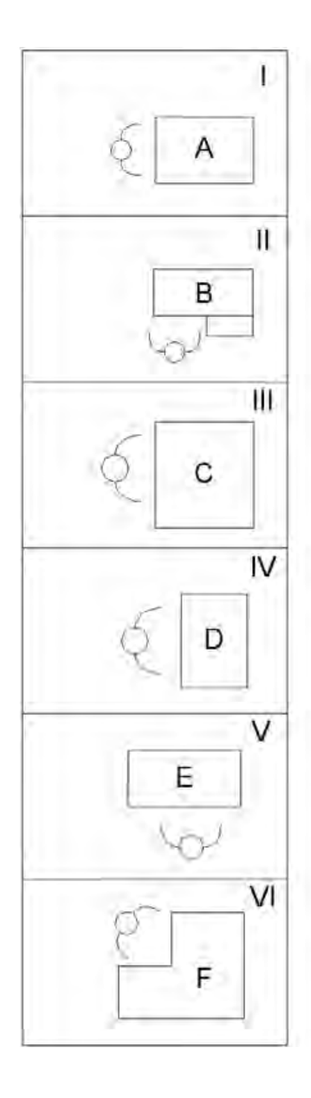
Situación actual			Situación propuesta				
Activ.	**Estaciones**	**ts**	**Nuevas estaciones**	**actividades**	**t's**	**t's/tcad**	**Número de operarios**
1	I	1,5	I	1	1,5	0,6	1
1	II	0,5	II	1 + 2	2,0	0,8	1
2	III	1,5					
3	IV	2,5	III	3	2,5	1,0	1
4	V	1,2	IV	4 + 1	2,2	0,88	1
1	VI	1,0					

Conclusión del caso 1

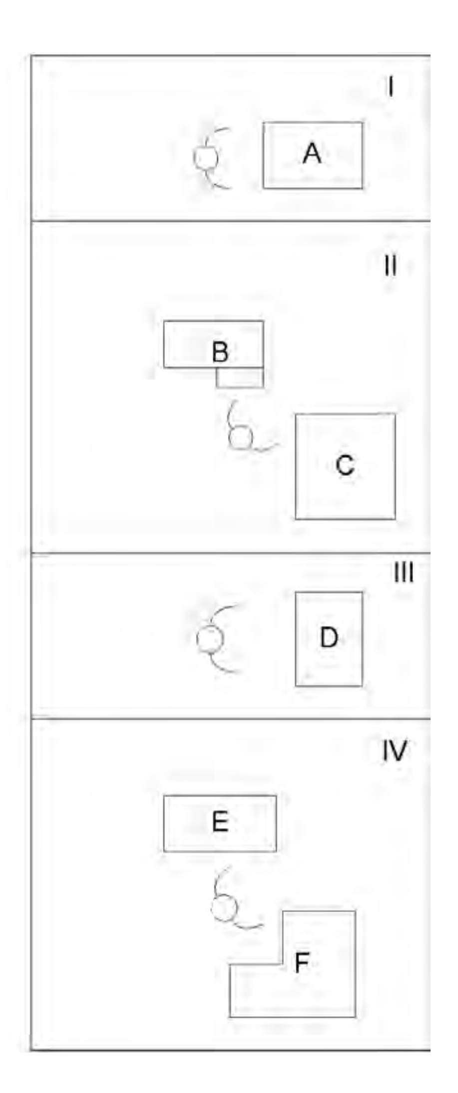
De acuerdo con este balance de línea solo se necesitan cuatro trabajadores.

$$\text{Producción} = \frac{1\text{unidad}}{2,5\text{min}} \times 60 = 24 \ {}^{\text{unid}}\!/_{\text{hora}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{8.2}{2,5 \times 4} \times 100 = 82\%$$



Situación actual



Situación propuesta

• *Caso 2*:

Aumentar la producción o mejorar la eficiencia a través de una asignación de mayores recursos. En la situación inicial el t_{cad} = 2,5 min; si elegimos bajar la cadencia a través de la asignación de recursos podríamos asignar un trabajador adicional a esta estación (en algunos casos será una máquina más si la tarea no es solo manual).

$$\text{Producción}=\frac{1\text{unidad}}{1{,}5\text{min}}\text{x}60=40\ \text{unid}/\text{hora}$$

$$\text{Eficiencia}=\frac{6{,}95}{1{,}5\text{x}6}\text{x}100=77{,}22\%$$

Estac.	Activ.	N	ts	n'	ts'
I	1	1	1,5	1	1,5
II	1	1	0,5	1	0,5
III	2	1	1,5	1	1,5
IV	3	1	2,5	2	1,25
V	4	1	1,2	1	1,2
VI	1	1	1,0	1	1,0

Tiempo de cadencia

Conclusión del caso 2
Asignando un operador adicional en la estación IV se baja el tiempo estándar a 1,25 minutos, definiéndose como nuevo tiempo de cadencia 1,5 minutos, mejorándose la eficiencia a 77,22% con respecto a la situación inicial.

- *Caso 3*:

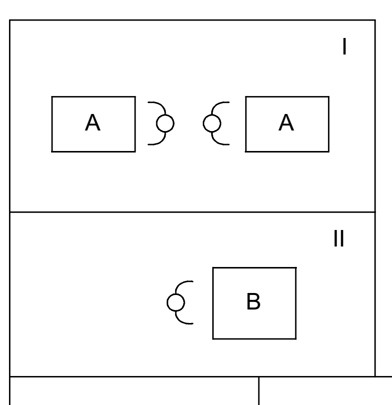
Estando en la situación inicial se requiere cumplir con una producción específica; se debe desarrollar un balance de línea que permita lograr dicha producción.

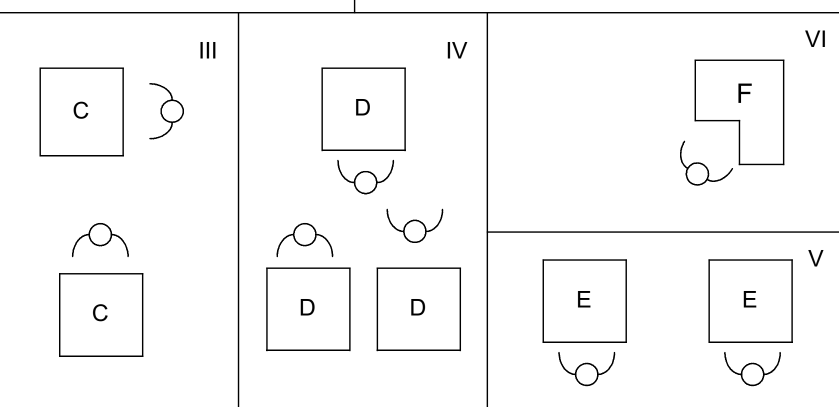
Ejemplo: Se requiere una producción de 50 unid/hora
50 unidades —— 60 minutos
1 unidad —— x minutos
x = 1,2 minutos (tiempo de cadencia teórico)

Situación actual			Situación propuesta		
Estac.	Activ.	Ts	ts/tcad.teo	N'	ts'
I	1	1,5	1,25	2	0,75
I I	1	0,5	0,41	1	0,5
I I I	2	1,5	1,25	2	0,75
IV	3	2,5	2,08	3	0,83
V	4	1,2	1	1	1,2
VI	1	1,0	0,83	1	1,0

$$\text{Producción} = \frac{1 \text{ unidad}}{1{,}2 \text{ min}} \times 60 = 50 \ \text{unid}/\text{hora}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{5{,}03}{1{,}2\text{x}6} \text{x}100 = 69{,}8\%$$





Conclusión del caso 3
Como resultado del balance de línea deberán incluirse cuatro trabajadores, con el fin de cumplir con la producción de 50 unidades por hora.

Ejemplo 3

En una pequeña empresa productiva de plásticos hay tres líneas de elaboración. A continuación se presentan los tiempos estándar de las operaciones de cada una de las líneas (véase tabla).

Operación	1a. línea	2a. línea	3a. línea
A	8’	6’	2’
B	4’	10’	6’
C	-	2’	4’
D	3’	2’	-
E	2’	1’	-

En cada línea se desarrollan las operaciones A, B, C, D y E; sin embargo, de acuerdo con el tipo de producto que regularmente se procesa en cada una de ellas, no se requiere que se efectúen todas las operaciones.

Actualmente se trabajan 5 días a la semana, en un turno de trabajo de 8 horas; se piensa mantener dicha producción para las líneas 1 y 2. Sin embargo, se ha recibido un pedido de 500 unidades adicionales a la producción normal de la línea 3. Hay que determinar si se podrá cubrir ese requerimiento y, de no ser así, hasta cuántas unidades adicionales se podrá desarrollar.

Solución:

	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Cuello de botella	Operación A	Operación B	Operación C
Tiempo de cadencia (min)	8	10	6
Producción actual	2.400 min/sem(*) / 8 min/unidad	2.400 min/sem / 10 min/unidad	2.400 min/sem / 6 min/unidad
Unidades	300	240	400

(*) 5 días/semana × 8 hrs/sem × 60 min/hr

Cálculo del tiempo disponible por operación:

Operación	Línea 1		Línea 2		Línea 3	
	T. Utilizado	T. Disp.	T. Utilizado	T. Disp.	T. Utilizado	T. Disp.
A	2.400’	0	1.440’	960’	800’	1.600’
B	1.200’	1.200’	2.400’	0’	2.400’	0’
C	—	—	480’	1.920’	1.600’	800’
D	900’	1.500’	480’	1.920’	—	—
E	600’	1.800’	240’	2.160’	—	—

Para poder aumentar la producción de la tercera línea se deberá hacer uso de los tiempos ociosos de las otras líneas. Veamos cuánto se podrá producir para apoyar a la línea 3:

- *Operación B (cuello de botella)*
  a) Utilizando la línea 1
  Tiempo disponible = 1.200’
  Cantidad por producir = 1.200’/6 = 200 unidades adicionales

- *Operación A*
  b) Utilizando la línea 2
  Tiempo disponible = 960’
  Cantidad por producir = 960 / 2 = 480 adicionales

c) Utilizando la línea 3
Tiempo disponible = 1.600’
Cantidad por producir 1.600’/2 = 800 unidades adicionales

• *Operación C*

d) Utilizando la línea 3
Tiempo disponible = 800’
Cantidad por producir = 800’/4 = 200 unidades adicionales

e) Utilizando la línea 2
Tiempo disponible = 1.920’
Cantidad por producir = 1.920’/4 = 480 unidades adicionales

Resumen

Operación	Línea de producción	Unidades adicionales
A	Líneas 2 y 3	1.280
B	Línea 1	200
C	Líneas 2 y 3	680
	Máxima producción adicional posible	200

Conclusión

Según lo evaluado, no se podrá cubrir la producción de 500 unidades del pedido; solo se podrán producir 200 unidades más, considerando los tiempos ociosos de las otras líneas.

2. Diagrama multiproducto

Para el caso de plantas con un tipo de disposición por proceso se aplicará en forma rápida un diagrama multiproducto.

Este diagrama presenta la secuencia de actividades de varios productos que serán elaborados en una planta. Su esquematización en paralelo, tomando como base la distribución actual, permite visualizar posibles retrocesos en el transporte físico de los materiales durante su elaboración. Así, con este registro de información, tendremos una primera base de los recorridos innecesarios que se generarían al operar con la disposición de planta utilizada.

Operación	(Pieza o producto)				
	A	B	C	D	E
Cortar	1	1	1		1
Entallar	2	2	2	1	2
Aplanar		3	4	2	4
Taladrar	3		3		
Curvar	4	4		3	3
Pulir		4	5	4	5

Multiproducto

La revisión del diagrama nos permitirá proponer mejoras, variando la disposición de planta, con el fin de eliminar el máximo de retrocesos generados.

El diagrama se presenta de la siguiente manera (se recomienda elaborarlo cuando se analizan varios productos que se fabrican en diferentes cantidades y que utilizan procesos similares, aunque en diferente orden):

Ejemplo 4

Para una determinada disposición de planta se pide desarrollar un diagrama multiproducto y analizar cuál es el producto más importante de los 5 que se elaboran, porque servirá de base para la propuesta de una mejor disposición de la maquinaria y equipo. La disposición actual se ordena en la siguiente secuencia: a, b, c, d, e.

Producto	**Secuencia de procesamiento**	**Demanda anual**
P1	a, b, c, e	100
P2	a, c, b, e	1.200
P3	b, c, d, e	500
P4	c, d, e	400
P5	a, b, d, e	800
	Total	3.000

Solución:

Elaborando el diagrama multiproducto:

Operación	Producto					% utilización
	P1	P2	P3	P4	P5	
a	1	1			1	70.07
b	2	3	1		2	86.68
c	3	2	2	1		73.33
d			3	2	3	56.66
e	4	4	4	3	4	100.00
% de importancia o intensidad de recorrido	3,33	40,00	16,67	13,33	26,66	

% de importancia simple

$$P_1 = \frac{100}{3.000} \times 100 = 3,33$$

$$P_2 = \frac{1200}{3.000} \times 100 = 40,00$$

$$P_3 = \frac{500}{3.000} \times 100 = 16,67$$

$$P_4 = \frac{400}{3.000} \times 100 = 13,33$$

$$P_5 = \frac{800}{3.000} \times 100 = 26,66$$

% de utilización simple

I. Máq. A
(1×3,4) + (1×40) + (1×26,67) = 70,07%

II. Máq. B
(1×3,4)+(1×40)+(1×16,67)+(1×26,67) = 86,68%

III. Máq. C
(1×3,34)+(1×40)+(1×16,67)+(1×13,33) = 73,33%

IV. [Máq. D
(1×16,67)+(1×13,33)+(1×26,66) = 56,66%

V. Máq. E
(1×3,34)+(1×40)+(1×16,67)+(1×13,33)+(1×26,67) =100%

Conclusión

De acuerdo con las evaluaciones, el producto P2 es el más importante (40%); debería entonces evitarse retrocesos en la producción. Si observamos el diagrama multiproducto, veremos que la disposición actual no genera retrocesos a su recorrido, por lo que puede considerarse aceptable.

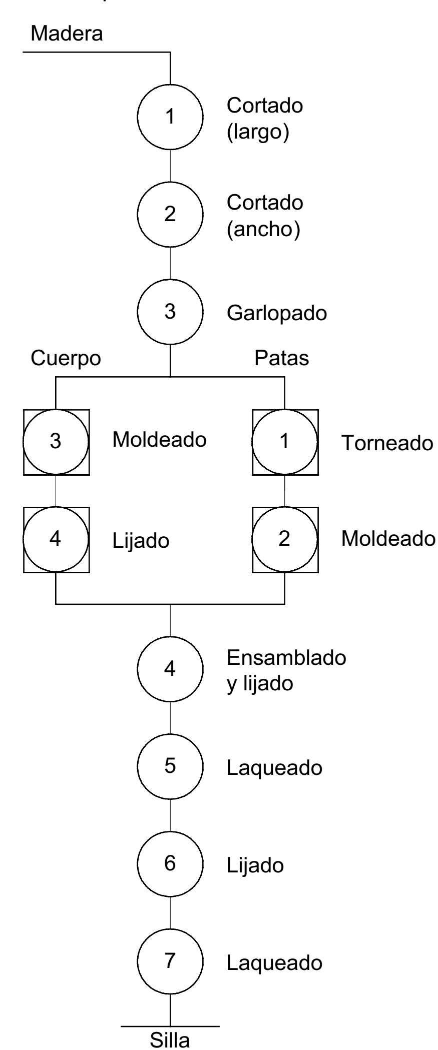
Ejemplo 5

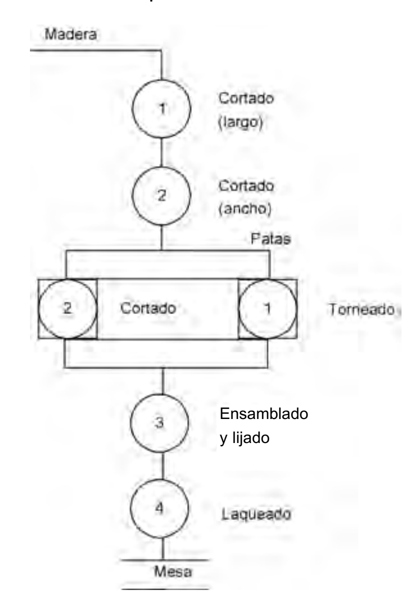
Un taller de carpintería ha elaborado en estos últimos meses los siguientes productos:

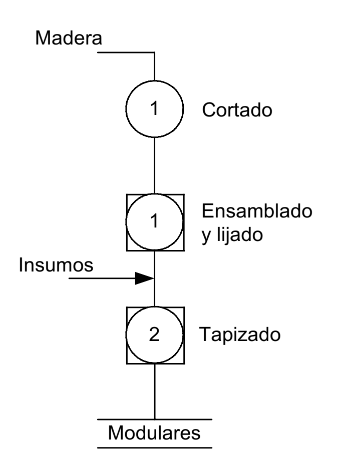
- Silla simple DOP 1
- Silla tapizada DOP 1 y se le aplica tapizado al cuerpo
- Mesa simple DOP 2
- Mesa enchapada DOP 2 y se le coloca enchape al tablero de la mesa
- Modulares

Se pide:

- Elaborar el diagrama multiproducto teniendo como base la secuencia de operaciones de la silla simple, ya que este es el producto más importante.
- Sobre la base de los resultados del diagrama, proponga una distribución del taller.







- Establecer una disposición del taller basándose en los resultados del diagrama, si se requieren las siguientes áreas para las diferentes operaciones:

Almacén de materia prima	6 x 5 m
Almacén de productos terminados	6 x 5 m
Cortado	6 x 3 m
Garlopado	4 x 3 m
Torneado	4 x 3 m
Moldeado	4 x 3 m
Ensamble y lijado	4 x 3 m
Laqueado	4 x 4 m
Tapizado	4 x 3 m
Enchapado	4 x 3 m

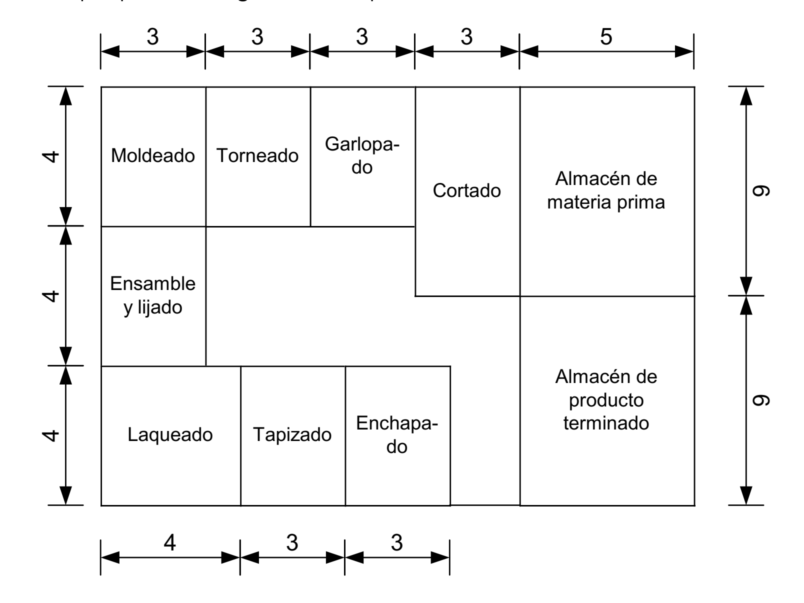
Y se cuenta con un terreno de 12 m x 17 m.

Solución

- Elaborando el diagrama

Operaciones	Productos				
	Silla simple	Silla tapizada	Mesa simple	Mesa enchapada	Modulares
Cortado	1 – 2	1 – 2	1 – 2, 4	1 – 2, 4	1
Garlopado	3	3			
Torneado	4	4	3	3	
Moldeado	5 – 6	5 – 6			
Ensamble y lijado	7 – 8, 10	7 – 8, 10	5	5	2
Laqueado	9, 11	9, 11	6	7	
Tapizado		12			3
Enchapado				6	

- Se propone la siguiente disposición del taller:



Conclusión

Esta disposición final es la más adecuada para los productos que se elaboran.

2.1 Método de enfoque gráfico simple

Es un procedimiento de prueba y error que se propone reducir los flujos no adyacentes por una localización central de los departamentos activos. En principio, se desarrolla una carta de recorrido que muestra el número de recorridos hechos entre departamentos, e identifica los departamentos activos. Luego, se desarrolla una solución tentativa, usando círculos para representar los centros de trabajo y se conectan por líneas, con las que se representan las cargas transportadas por períodos de tiempo. Los departamentos contiguos, que se encuentran diagonalmente, son considerados adyacentes.

Ejemplo 6

Una empresa tiene dispuesta su planta con seis áreas de producción:

1	2	3
4	5	6

Croquis de la instalación
Fuente: Joseph Monks.

Se propone ubicar los 6 departamentos (A, B, C, D, E, F) en estas áreas, las cuales tienen un número de movimientos por día entre departamentos que se indican en la tabla de la izquierda:

Carta de recorrido

Desde \ Hacia	A	B	C	D	E	F
A	-	5	10	-	3	2
B	-	-	-	12	-	-
C	10	4	-	8	-	-
D	-	-	16	-	-	-
E	-	-	7	-	-	-
F	-	-	8	-	-	-

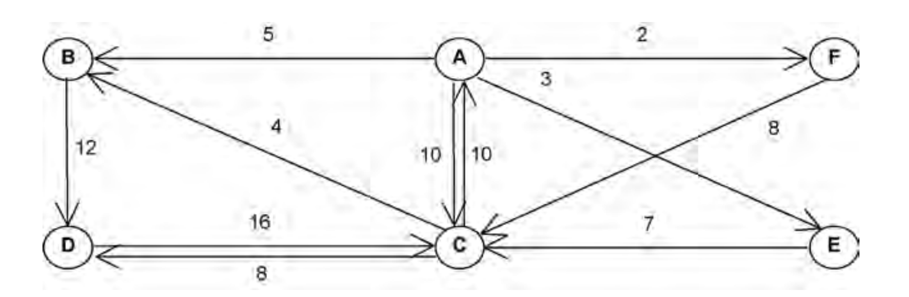
Hay que desarrollar una distribución para los 6 departamentos que reduzca al mínimo posible los flujos no adyacentes.

Solución:

1. Determinar cuáles son los departamentos que tienen una relación más frecuente entre ellos; esto puede hacerse obteniendo el número de asignaciones en cada renglón o columna.

Dpto.	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Nº asignación	5	3	7	3	2	2

2. Localizar los departamentos más activos en la posición central.



3. Usar el método de prueba y error para ubicar los otros departamentos de modo que los flujos no adyacentes se reduzcan al mínimo posible.

Conclusión

Si los flujos no adyacentes desaparecen, la solución está completa; si existiesen, inténtese reducir al mínimo posible el número de unidades que fluyan hacia áreas no adyacentes. En estos movimientos se debe ponderar el mínimo de flujos por el número de unidades de distancia, si es necesario.

3. Análisis de transportación

Es una variante del enfoque gráfico simple que usa una medida ponderada de distancia-carga. A los departamentos adyacentes se les asigna un factor de distancia de 1 y los demás adoptan valores enteros mayores, dependiendo de cuántos renglones o columnas existen de uno a otro. Los departamentos son cambiados con el fin de disminuir en lo posible la suma de la carga multiplicada por la distancia de la matriz completa. La selección de los puntos que sean cambiados se realiza mediante un análisis visual.

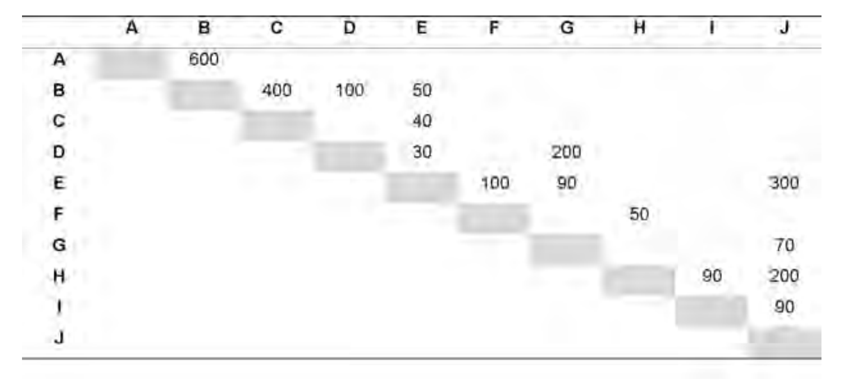
Ejemplo 7

Se muestra la distribución actual de una planta; los números y las líneas que conectan los centros de trabajo representan el número de cargas transportadas entre los centros.
Se pide:

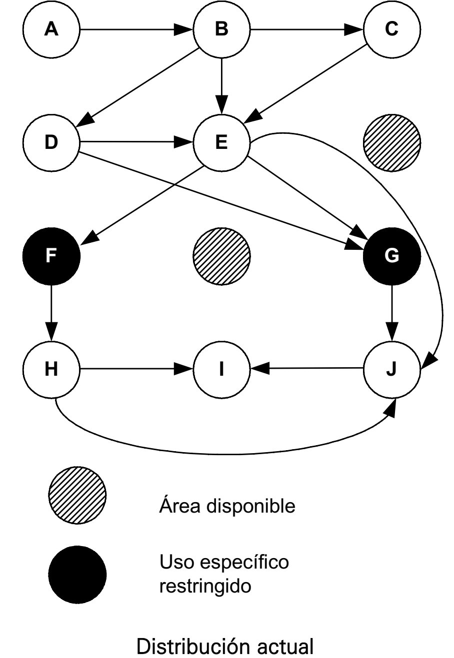
- Desarrollar cambios en la distribución inicial presentada en la figura, con el fin de eliminar las situaciones no adyacentes.

Solución

Para proponer una mejor disposición usaremos el análisis gráfico simple. Elaboraremos la siguiente matriz a partir de los datos de carga de la situación actual:



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A		600								
B			400	100	50					
C					40					
D					30		200			
E						100	90			300
F								50		
G										70
H									90	200
I										90
J										



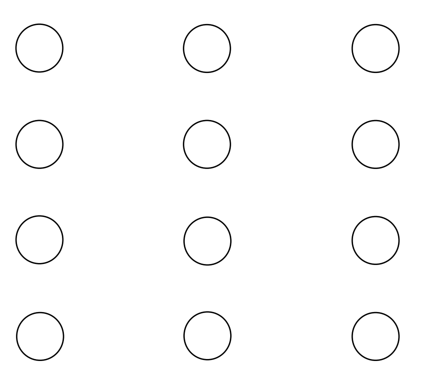
Distribución actual

Nota: considerando que en cada movimiento se transporta una carga.

Después de identificar los departamentos de mayor actividad, y tomando como base el número de relaciones entre departamentos planteados por la matriz, se tiene:

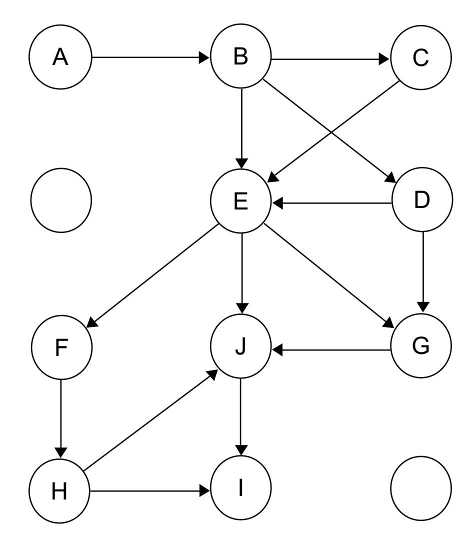
Departamento	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Nº de relaciones	1	4	2	3	6	2	3	3	2	4

Luego, tomando como base las siguientes posiciones alternativas definidas por la distribución actual:



El análisis de transportación se utilizará para la disposición de planta por procesos, así como para las empresas de servicios.

Así, ubicando en la posición central los departamentos de mayor número de relaciones se obtiene la siguiente propuesta:



Donde se han eliminado las situaciones no adyacentes de la situación actual (D-G, E-J, H-J).

- Evalúe la medida de distancia-carga para la distribución actual y la propuesta (las posiciones F y G corresponden a departamentos que no podrían cambiar de posición).

  Evaluando la medición distancia-carga tendremos:

Recorrido	Carga	Inicial	Propuesta	A (distancia-carga)
A-B	600	1	1	
B-C	400	1	1	
B-D	100	1	1	
B-E	50	1	1	
C-E	40	1	1	
D-E	30	1	1	
D-G	200	2	1	(1-2) (200)
E-J	300	2	1	(1-2) (300)
E-F	100	1	1	
E-G	90	1	1	
F-H	50	1	1	
G-J	70	1	1	
H-I	90	1	1	
H-J	200	2	1	
J-I	90	1	1	(1-2) (200)
		Variación con la propuesta		-700

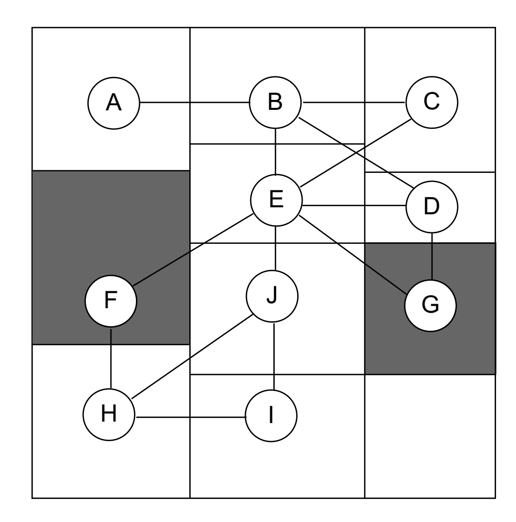
El resultado cuantificado nos demuestra que la eliminación de las situaciones no adyacentes ha reducido en 700 la medida distancia-carga.

- Con las siguientes dimensiones correspondientes a cada uno de los departamentos, proponga la disposición de planta más adecuada si el terreno disponible es de 36 × 18 m.

Dpto.	Dimensiones (metros)
A	12 × 6
B	8 × 6
C	12 × 6
D	6 × 6
E	10 × 6
F	12 × 6
G	12 × 6
H	12 × 6
I	12 × 6
J	12 × 6

Conclusión

Tomando como base la disposición mejorada en el punto (a), la disposición de planta con asignación de áreas es:



Como se puede observar, la propuesta práctica se ajusta a las dimensiones del terreno.

Ejemplo 8

La empresa XXX S.A. está desarrollando un estudio de disposición de planta para la instalación de su nueva fábrica. La empresa elabora diversos productos con diferentes secuencias de fabricación, y ha determinado sus lotes óptimos de fabricación y de transporte entre los diferentes talleres (T) de la fábrica, definiendo una cantidad de movimientos entre ellos (intensidad de tráfico), la que se muestra en la siguiente matriz:

	Almacén materia prima	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	Almacén productos terminados
Almacén materia prima		800		150					
T1			300	300			200		
T2					300		200		
T3					300		150	50	
T4							200	150	
T5								300	
T6				300					650
T7									650
Almacén productos termin.									

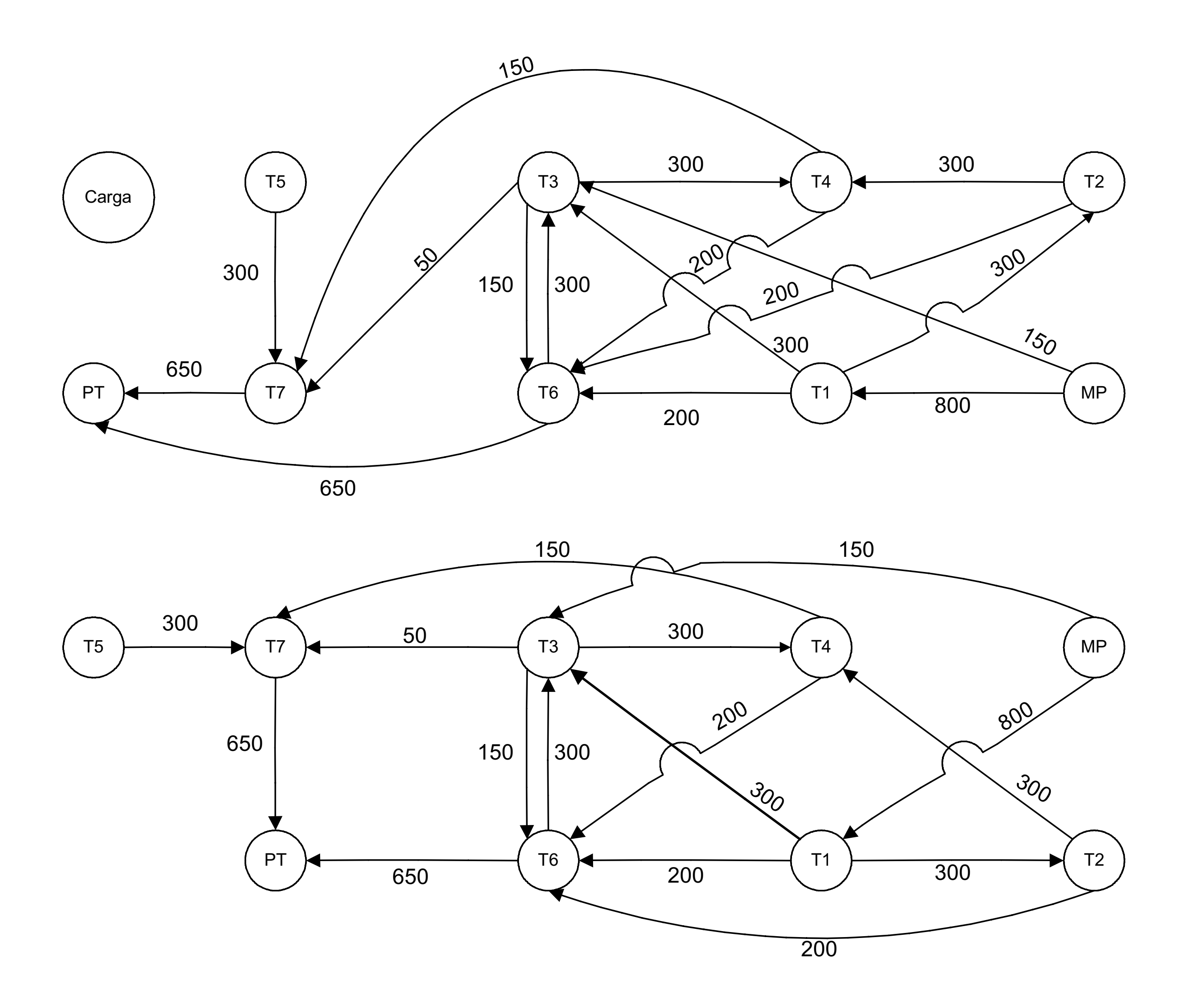
La empresa cuenta con un terreno rectangular de 30 m × 13 m, donde cada taller debe tener un área de 30 m^2, al igual que los almacenes de la materia prima y productos terminados; además, se debe considerar una área de igual dimensión junto al almacén de productos terminados para la carga de productos.

Está previsto también un pasadizo central de 3 m de ancho con acceso por ambos extremos.

Define la mejor distribución de las áreas siguiendo el método más apropiado para este fin y cuantifique su respuesta.

Solución

Departamento	AMP	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	APT
Nº de relaciones	2	4	3	6	4	1	6	4	2



Conclusión

La mejor distribución de las áreas, tomando como base las relaciones entre ellos, es la siguiente:

T5	T7	T3	T4	MP
Carga	PT	T6	T1	T2

4. Análisis matricial

Este método permite analizar una disposición de planta en la cual existen diversos productos en cantidades variadas, generalmente en una distribución por proceso. A partir del análisis de la secuencia de operaciones, evaluando las cantidades por transportar y las distancias por recorrer, se evalúa el esfuerzo que representan dichos movimientos, dándonos esa evaluación del trabajo un índice para medir su productividad y plantear una propuesta de mejora.

Procedimiento

El procedimiento es el siguiente:

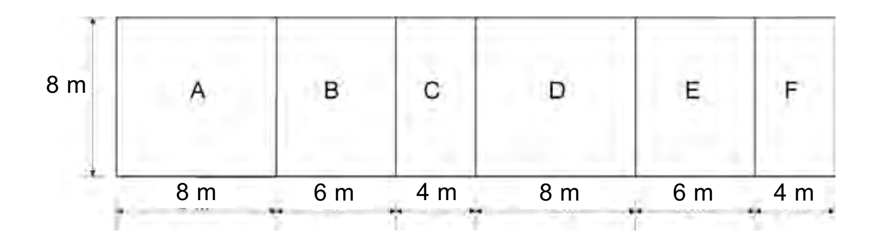
- Se registra información concerniente a la magnitud y secuencia de las operaciones de manejo según grupos de productos.
- Se prepara una disposición tentativa.
- Se prepara una *matriz volumen (matriz carga)* y posteriormente una *matriz distancia*, en función de la disposición tentativa para obtener, finalmente, la *matriz producto (matriz esfuerzo)*, por medio de la multiplicación de los valores de las casillas de posición idéntica en las matrices iniciales.
- Se determinan los movimientos críticos de la disposición tentativa en la matriz producto. Puntos críticos suelen ser aquellos movimientos de un elevado valor distancia-volumen situados a una cierta distancia de la diagonal.
- Se evalúan los movimientos críticos. Esto implica una operación del efecto de cambiar la ubicación de los departamentos que intervienen en los movimientos críticos. Se deben minimizar los esfuerzos en el recorrido del material, desde que ingresa como materia prima hasta que sale como producto terminado, para todos los productos que se desarrollen en la planta. Por ello, se prepara nuevamente la matriz distancia en función de los cambios efectuados en la matriz cantidad antes desarrollada, obteniendo la matriz producto con las mejoras.

El análisis de esfuerzos por flujo de materiales se aplicará para disposiciones por proceso.

La técnica del análisis matricial identifica los puntos críticos en la disposición de planta y permite al planificador concentrar su esfuerzo en los puntos que ofrecen la mayor probabilidad de introducir una mejora. Sin embargo, no es un medio para determinar la disposición óptima, sino para evaluar sobre una base cuantitativa y comparativa distintas disposiciones posibles. Por esta razón, constituye una técnica valiosa.

Ejemplo 9

Tenemos cuatro productos que se elaboran en una empresa, se han estudiado los procesos y se presenta la disposición actual de la planta.



A continuación se indica la secuencia de procesamiento de cada producto, así como la cantidad de producción de cada uno de ellos, y se utiliza el peso como unidad equivalente para el transporte de carga.

Producto	Secuencia	Cantidad de producción (miles de unidades)	Peso por unidad (kg)
P1	A B D E	20	1,5
P2	B C D E F	80	0,5
P3	A D B C E F	110	2,5
P4	A B C A E F	50	1,5

Solución

- *Matriz de cantidad*
  Para este caso se asumirá que el peso de la unidad producida no varía entre un proceso y otro. Luego, la cantidad por transportar de cada producto será:
  P1 = 30.000 kg P3 = 275.000 kg
  P2 = 40.000 kg P4 = 75.000 kg

(Miles de kilogramos)

	A	B	C	D	E	F
A		105		275	75	
B			390	30		
C	75			40	275	
D		275			70	
E						390
F						

- *Matriz de distancia 1*
  Considerar que se trabaja en un solo ambiente y el traslado es directo entre un departamento y otro. Se tomará las distancias entre centros de gravedad.

	A	B	C	D	E	F
A		7		16	25	
B			5	11		
C	12			6	13	
D		11			7	
E						5
F						

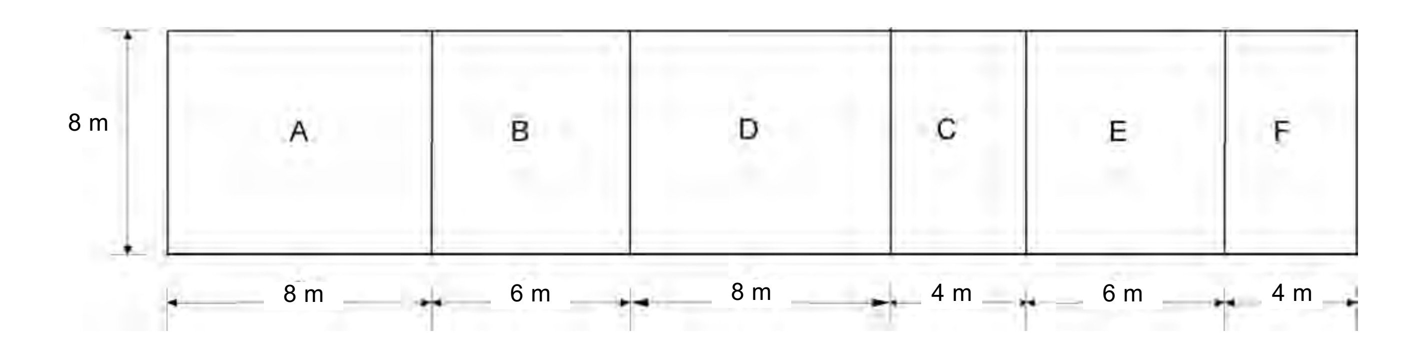
  Nota: Solo se han evaluado las distancias en los recorridos que existen en el proceso.

- *Matriz de esfuerzos 1*

	A	B	C	D	E	F
A		735		4.950	1.875	
B			1.950	330		
C	900			240	3.575	
D		3.025			490	
E						1.950
F						

Suma de esfuerzos = 20.020 kg-m

Propuesta de mejora
1.ª solución: Considerando el mayor esfuerzo entre A y D se propone la nueva disposición:



Para las soluciones planteadas se considera que no habrá variación en la producción, por lo que la matriz de cantidad será la misma para cada uno de los casos.

- *Matriz distancia 2*

	A	B	C	D	E	F
A		7		14	25	
B			13	7		
C	20			6	5	
D		7			11	
E						5
F						

- *Matriz de esfuerzos 2*

	A	B	C	D	E	F
A		105		275	75	
B			390	30		
C	75			40	275	
D		275			70	
E						300
F						

Suma de esfuerzos = 19.500 kg-m

Comparando la situación inicial con la actual, se definirá la productividad utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Recursos}}$$

Donde "recursos" estará representado por el esfuerzo o trabajo que genera el traslado de material de un lugar a otro; para el caso, se determinará la variación de productividad con el fin de evaluar la alternativa propuesta:

Así: Productividad actual = $Pr_1 = P_1/R_1$
Productividad propuesta = $Pr_2 = P_2/R_2$

Suponiendo que los cambios en la disposición de planta no afectarán la producción tendremos $P_1 = P_2 = P$, luego:

$$\Delta P_r = \frac{Pr_2 - Pr_1}{Pr_1} \times 100 = \frac{P/R_2 - P/R_1}{P/R_1} \times 100$$

$$\Delta P_r = \frac{R_1 - R_2}{R_2} \times 100$$

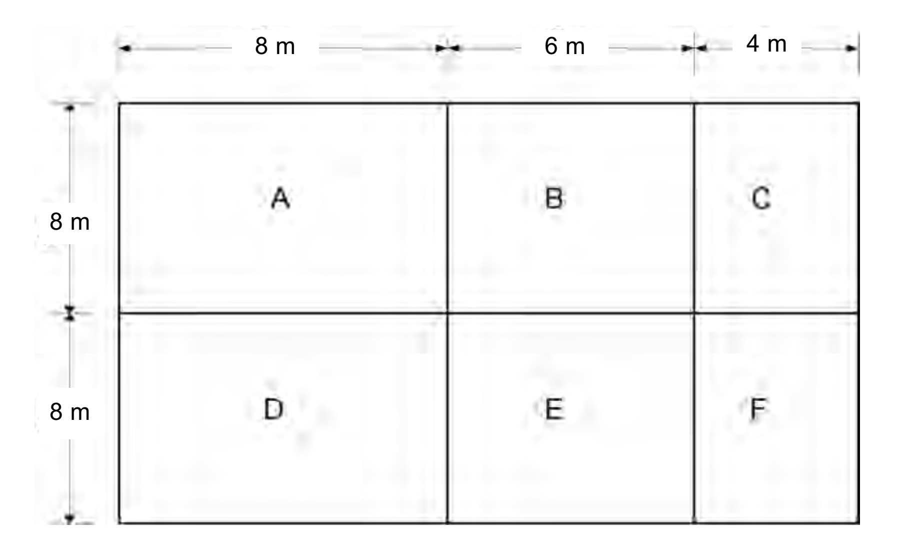
$$(\text{Recurso} = \text{esfuerzo})$$

$$\Delta P_r = \frac{\text{Esf1} - \text{Esf2}}{\text{Esf2}} \times 100$$

$$\Delta P_r = \frac{20.020 - 19.500}{19.500} \times 100 = 2{,}667\%$$

Propuesta de mejora

2.ª solución: Considerando un espacio físico disponible de 288 m^2, y delimitando las áreas de cada zona de trabajo (no existen paredes ni pasadizos).



- *Matriz distancia 3*

	A	B	C	D	E	F
A		7		8	10,63	
B			5	10,63		
C	12			14,42	9,44	
D		10,63			7	
E						5
F						

Para determinar las distancias entre las zonas de trabajo A-E, B-D, C-E, deberá efectuar los cálculos considerando un recorrido directo. Este se puede hallar utilizando el teorema de Pitágoras.

- *Matriz esfuerzos 3*

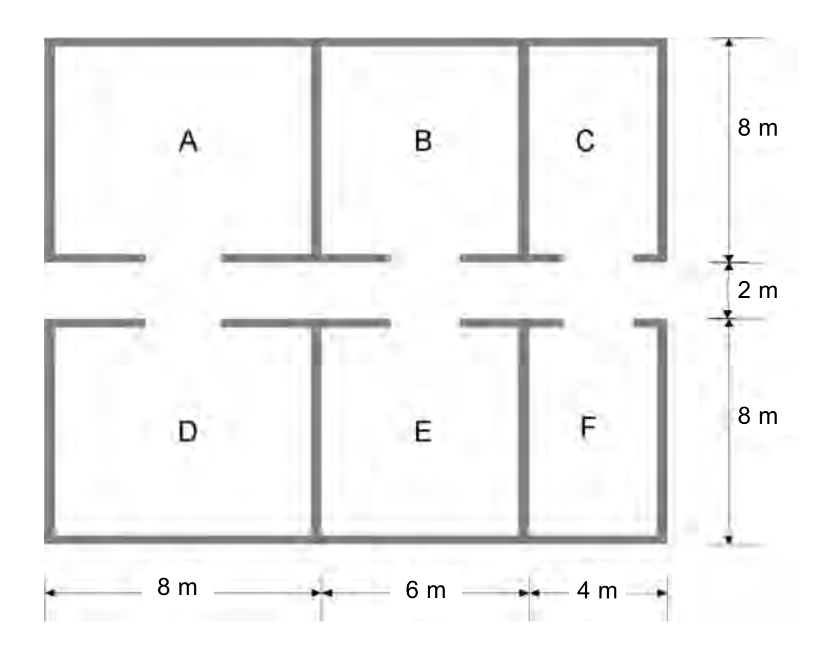
	A	B	C	D	E	F
A		735		2.200	795	
B			1950	318,9		
C	9.000			576,8	2.596	
D		2.923,25			490	
E						1.950
F						

Suma de esfuerzos: 15.434,95 kg/m

Determinando la variación de la productividad y comparando la situación actual con la propuesta tenemos:

$$\Delta P_r = \frac{20.020 - 15.434,95}{15.434,95} x100 = 29,70\%$$

Propuesta de mejora
3.ª solución: Si la propuesta de disposición estableciera el traslado a una planta ya existente, que tuviera áreas separadas para cada departamento como la siguiente:



La determinación de las distancias debería representar el recorrido, considerando entradas y salidas a cada área. Así, la distancia de A a E será: 4 + 1 + 4 + 3 + 1 + 4 = 17 m.

- *Matriz distancia 4*

	A	B	C	D	E	F
A		17		10	17	
B			15	17		
C	22			22	15	
D		17			17	
E						15
F						

- *Matriz esfuerzos 4*

	A	B	C	D	E	F
A		1.785		2.750	1.275	
B			5.850	510		
C	1.650			880	4.125	
D		4.675			1.190	
E						5.850
F						

Suma de esfuerzos: 30.540 kg-m

Determinando la variación de productividad:

$$\Delta P_r = \frac{20.020 - 30.540}{30.540} \times 100 = -34,45\%$$

Conclusión

La propuesta de mejora que da una mayor variación de productividad es la segunda (29,70%). No se recomienda la tercera solución pues da una variación negativa, lo cual significa una disminución de la productividad.

Ejemplo 10

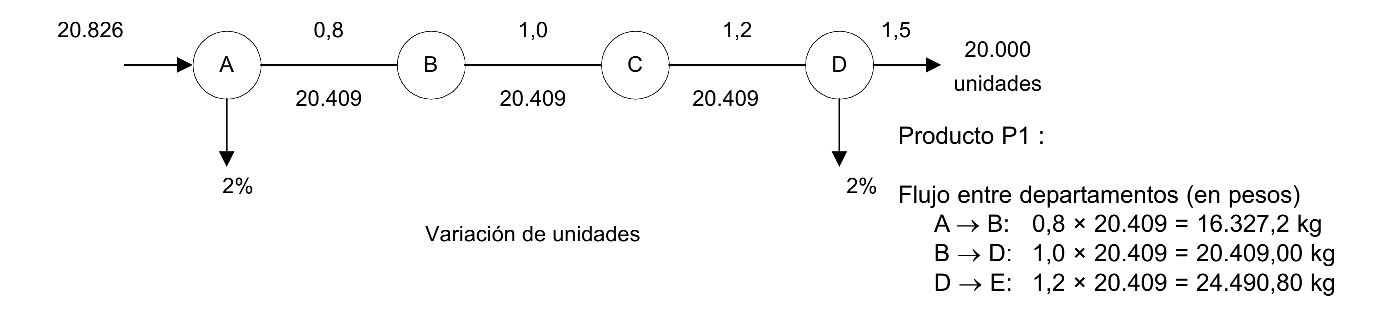
Si en el caso anterior consideramos que el paso de las unidades producidas se van incrementando en la medida en que van ganando valor agregado, debe considerarse ese cambio de peso entre operaciones para determinar la matriz de cantidades. Así mismo, si existen defectuosos en cada proceso, estos quedarán "estacionados" en el área donde se generan.

Veamos esta situación:

Producto	**Variación en peso del producto en elaboración**					
P1	**A**	**B**	**D**	**E**		
	0,8	1	1,2	1,5		
P2	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	
	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	
P3	**A**	**D**	**B**	**C**	**E**	**F**
	1,8	2,1	2,1	2,3	2,5	2,5
P4	**A**	**B**	**C**	**A**	**E**	**F**
	1	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5

Departamento	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
% Defectuosos	2%		3%		2%	

Luego, para la matriz cantidad deberán considerarse estos datos:



Producto P1 :

Flujo entre departamentos (en pesos)

A → B: 0,8 × 20.409 = 16.327,2 kg

B → D: 1,0 × 20.409 = 20.409,00 kg

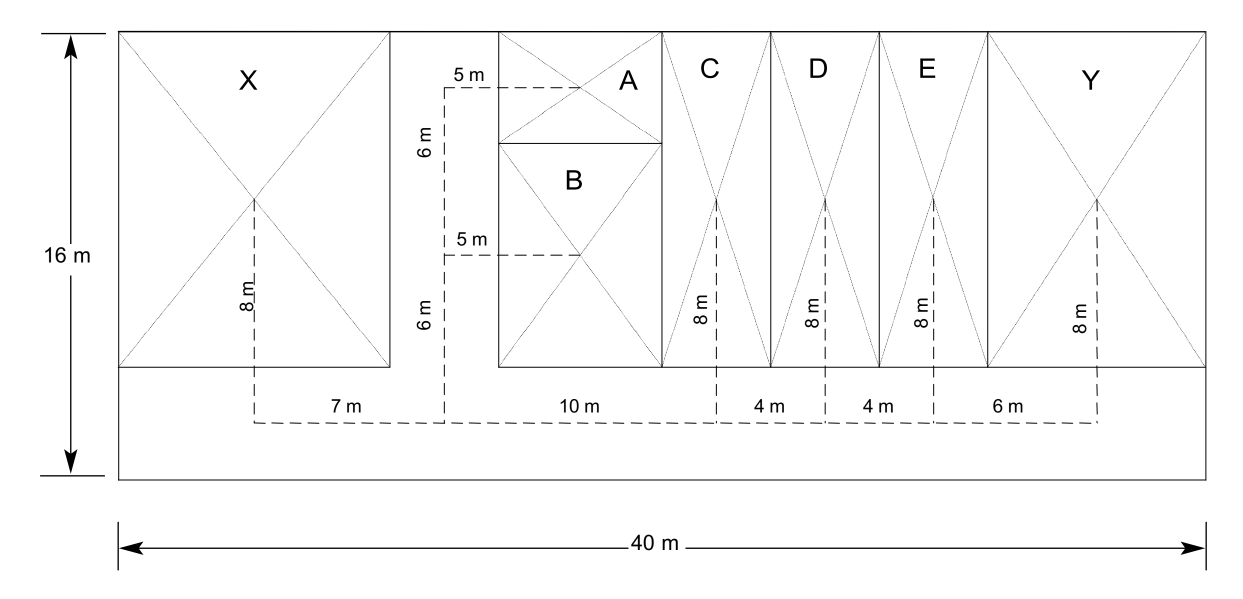
D → E: 1,2 × 20.409 = 24.490,80 kg

Conclusión

Con estos pesos se completa la matriz de cantidades y, elaborada la matriz de distancias, se procede a evaluar los esfuerzos y el esfuerzo final.
Se procederá de la misma forma para los productos P2, P3 y P4.

Ejemplo 11

Considere el taller Omega, el cual consta de un almacén de materia prima X y de un almacén de productos terminados Y, que se encuentran ubicados en lugares opuestos y en los extremos del terreno disponible de 640 m (40 × 16). Al costado del almacén X hay un pasadizo auxiliar (perpendicular al pasadizo principal) de 4 m de ancho, que sirve para el ingreso/salida a las secciones de producción A y B; y luego se encuentran las secciones de producción C, D y E, finalizando consecuentemente con el almacén Y. El pasadizo principal de 4 m de ancho corre a lo largo del terreno pero está ubicado lateralmente (no central).



Se desea:

- Determinar el esfuerzo total (kg-m).
- Proponer una mejora de la actual disposición, evaluando el esfuerzo total.
- Evaluar el incremento de la productividad.

Los datos son los siguientes:

Producto	Secuencia procesamiento	Demanda (unidades)	Kg/unidad
P1	X, B, E, C, D, Y	200	2,0
P2	X, A, D, C, Y	100	0,5
P3	X, A, B, C, D, Y	250	1,0
P4	X, A, B, E, C, Y	300	3,0
P5	X, B, C, D, E, Y	50	2,0

Área de las secciones

Sección	Área (m2)
X	120
A	24
B	48
C	48
D	48
E	48
Y	96

- Matriz distancia

	X	A	B	C	D	E	Y
X		32	26				
A			16		39		
B				29		37	
C					20		30
D				20		20	26
E				24			22
Y							

- Matriz volumen o cantidad

	X	A	B	C	D	E	Y
X		50 250 900	100 400				
A			250 900		50		
B				250 100		400 900	
C					250 100 400		50 900
D				50		100	400 250
E				400 900			100
Y							

- Matriz esfuerzo

	X	A	B	C	D	E	Y
X		38.400	13.000				
A			18.400		1.950		
B				10.105		48.100	
C					15.000		28.500
D				1.000		2.000	16.900
E				31.200			2.200
Y							

Suma de esfuerzos 226.800 kg-m

Solución

Propuesta de mejora

Considerando el mayor esfuerzo existente entre el almacén X y la sección A, se propone cambiar de lugar la puerta del almacén, de tal modo que la atención sea por el pasillo auxiliar.

En segundo lugar, podríamos permutar los lugares de E con D para poder disminuir los esfuerzos que se ocasionan. Por lo tanto, la matriz distancia será la siguiente:

- *Matriz distancia*

	x	A	B	C	D	E	Y
x		16	14				
A			16		43		
B				29		33	
C					24		30
D				24		20	26
E				20			32
Y							

Los esfuerzos y resultados finales se detallan en esta matriz:

	X	A	B	C	D	E	Y
X		19.200	7.000				
A			18.400		2.150		
B				10.150		42.900	
C					18.000		28.500
D				1.200		2.000	14.300
E				26.000			2.600
Y							

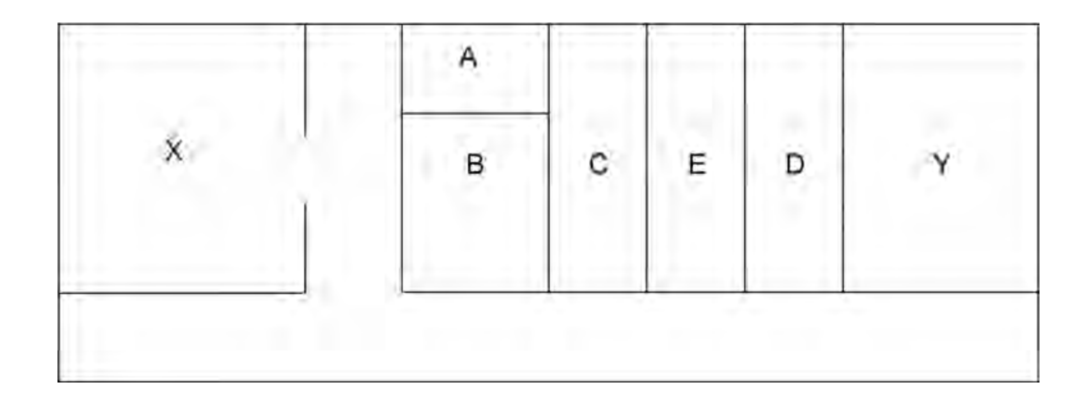
Suma de esfuerzos: 192.400 kg-m

Conclusión

Determinando la variación de la productividad ante esta nueva disposición de planta, tenemos:

$$\Delta P_r = \frac{226.800 - 192.400}{192.400} = 17,88\%$$

Nueva distribución



PROBLEMAS PROPUESTOS

1. En una línea de acabado y empaque de calzado, se desarrollan las siguientes actividades:

- Colocación de pasadores (50 cm/calzado).
- Se envuelve un par del calzado con un papel protector (80 cm/par).
- Se arman las cajas para el calzado a razón de dos cajas por vez (70 cm).
- Se coloca el calzado (par) en una caja (50 cm).
- Se pega la etiqueta de identificación del calzado (tipo y tamaño) sobre cada caja a razón de cuatro cajas por vez (50 cm).
- Se pone el número de registro sobre la caja (15 cm/caja).

Nota : Existe un operario realizando la actividad correspondiente.

Determine:

a) La producción actual por hora.
b) % de utilización actual.
c) Tiempo de cadencia de la línea.
d) Balance de línea que mejore la productividad.

2. Dados los datos siguientes, relativos a las relaciones de precedencia que requiere un producto ensamblado, construya el DOP.

Operación	Tiempo en centiminutos (básico)	Debe seguir la operación
a	14	-
b-1	5	a
b-2	5	a
c	30	b
d	3	-
e	5	d
f	13	e
g	9	e
h	14	e
i	6	fgh
j	7	i
k	3	j
l	4	k
m	7	l

Luego, haga un balance de línea para fabricar 125.000 productos por hora, por lo menos siete estaciones y 75% de utilización. Plantee las actividades de cada estación, la cadencia real y el porcentaje de utilización.

3. Un pequeño taller de impresiones desea localizar sus siete departamentos en un solo piso de un edificio que tiene 40 metros de ancho por 50 de largo.
Los tamaños de los departamentos son:

Departamento	Longitud (unidades)	Ancho (unidades)
Distribución interna	10	10
Cortado	20	10
Despacho	10	10
Almacenamiento	20	15
Impresión	25	20
Embalaje	20	20
Arte	20	20

Se espera que el número promedio anual de unidades de peso transportadas entre los departamentos sea igual que el actual.

Departamento	Distribución interna	Cortado	Despacho	Almacenam.	Impresión	Embalaje	Arte
Distribución interna	–	–	–	–	–	–	–
Cortado	–	–	–	100	–	400	–
Despacho	–	–	–	500	–	–	–
Almacenam.	–	600	100	–	400	100	–
Impresión	–	–	–	–	–	1,200	100
Embalaje	–	100	1,000	–	200	–	–
Arte	–	100	–	–	100	–	–

¿Qué distribución de planta recomendaría usted? Desarrolle un diagrama de la distribución considerando el área como un solo ambiente y determine el esfuerzo total.
Se evaluará el menor esfuerzo.

4. Se necesita planear la distribución de una fábrica que tiene 8 departamentos, cuyas áreas por departamento son:

	Proceso	m2
1	Pintura	50
2	Corte de metales	35
3	Soldadura	60
4	Motores pequeños	22,5
5	Trabajos de metales	60
6	Controles	27,5
7	Ruedas y llantas	50
8	Ensamble final	60
9	Almacén de insumos	50
10	Almacén de productos terminados	42

La distribución inicial es:

9	1	2	3	4	5	6	7	8	10

Fabrica tres productos:
- Segadora
- Carretilla de mano
- Carritos con motor para niños

Se cuenta con la siguiente información:

Para la fabricación de la segadora se sacan del departamento de insumos los tubos (10 kg) necesarios para ser llevados al departamento de corte de metales; de ahí son llevados al departamento de motores pequeños para que se le incorpore un motor de 4 kg de peso; luego, se colocan llantas y ruedas (5 kg) en el departamento de llantas y ruedas. Finalmente, son pintadas y llevadas para el ensamble final y de allí pasan al almacén.

El volumen de producción diario es de 42 productos.

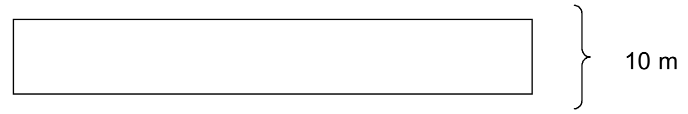
Para producir carretillas de mano se sacan los insumos (12 kg) del almacén de insumos; luego son cortados en "corte de metales"; enseguida son soldados y pintados; después se les coloca ruedas y llantas (5 kg) y se les hace controles; todo esto en los respectivos departamentos; finalmente se procede al ensamble final para su posterior traslado al almacén.

Los carritos con motor para niños siguen un proceso similar al de la segadora, pero el peso de los insumos es de 14 kg y las llantas y ruedas pesan 6 kg, y luego del ensamble final, antes de ser llevadas al almacén de productos terminados, pasan por los controles.

El volumen de producción de carretillas de mano y de carritos para niños es de 49 productos diarios.

Suponer:

- Que la planta debe disponerse en una línea cuyo ancho sea de: 10 m



- La distancia entre los lugares de trabajo se puede calcular como la distancia entre los centros de gravedad.
- Los almacenes no se pueden cambiar de lugar.

Con esta información, establezca la matriz de trayectoria (matriz de esfuerzos) actual, así como la disposición con mayor productividad, y demuéstrelo por medio de la matriz de esfuerzos.

Capítulo

17 *Evaluación de alternativas de disposición de planta*

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- *Relación de ventajas y desventajas*
- *Evaluación de ahorros y gastos*
- *Análisis de factores*
- *Comparación de costos*

El análisis de los factores de la disposición y el estudio de la distribución general y del detalle nos llevan a diferentes alternativas de disposición de la planta, de las cuales se tiene que elegir una para implementarla en la empresa. Para tomar una decisión acertada se deberá evaluar en forma objetiva cada una de ellas. En este capítulo se exponen cuatro métodos para dicha evaluación. Dependiendo del nivel de análisis del proyecto podrán utilizarse métodos cualitativos o cuantitativos.

Generalmente, la revisión de los factores de disposición de planta ocasionan limitaciones a la propuesta ideal, por ello se presenta una serie de alternativas de disposición. Cada una de estas alternativas plantea una solución al problema de distribución, favoreciendo o manteniendo la capacidad de producción y de acarreo de materiales. Si la ordenación o distribución es pobre, la dirección de la empresa se encontrará frente a ineficiencias costosas. La instalación inicial debe ser buena para minimizar cambios posteriores que resulten onerosos.

Ante varias alternativas de distribución, se pueden utilizar varios métodos para su evaluación y facilitar la elección de una de ellas, como las que se detallan a continuación.

1. Relación de ventajas y desventajas

Para seleccionar la mejor alternativa y obtener la mejor disposición, se aplicarán los métodos de selección, para lo cual se enfrentará cada una de las alternativas halladas en el análisis de los factores de la disposición. No se debe considerar la disposición actual en la selección.

Esta metodología se utiliza para determinar la mejor alternativa, tomando como base la información sobre diferentes aspectos de las propuestas de distribución. En cada caso particular, el analista podrá proponer diferentes cuestionamientos o enfoques para la evaluación, dependiendo del tipo de proceso y de las políticas empresariales definidas por la organización.

Para la evaluación, en el siguiente ejemplo se utilizará una calificación, considerando ventajas totales, parciales y desventajas.

Ejemplo 1

Una empresa productora de fierros de construcción utiliza gran cantidad de chatarra para mezclarla con hierro esponja y luego llevarla al horno de fundición.

La empresa ha tenido problemas en el último trimestre, en el que se ha implementado una línea adicional de producción, pues al aumentar su capacidad, sus requerimientos de chatarra y hierro esponja también se han incrementado. Sin embargo, estas áreas de almacenamiento no habían sido previamente ampliadas.

En el caso del hierro esponja, se han levantado tabiques de madera para delimitar su almacenamiento y no se ha decidido la situación de la chatarra.

Solución

Hay tres alternativas que deben ser evaluadas:

- *Alternativa A*:
  Siendo el área actual de uso para el almacenamiento de aproximadamente 160 m^2, se ha observado que debido a las operaciones de descarga y carga se desborda el material hacia los diferentes lados, utilizando mayor área de la destinada para el almacenamiento y las actividades de acarreo. Esta primera propuesta considera la ampliación del área utilizando un espacio aledaño de 60 m^2.
- *Alternativa B*:
  Con la finalidad de evitar el desborde y crearle una limitación e independencia al área, se propone levantar un cerco de concreto que delimita el área del depósito.
- *Alternativa C*:
  Se ha estudiado que haciendo una fosa de 1,5 m de profundidad podría disponerse, en la misma área, de una mayor capacidad de almacenamiento. Se requerirá reforzar las paredes laterales con un vaciado de concreto y la base de la fosa solo requerirá un apisonado.

Los métodos de relación de ventas y desventajas y el análisis de factores, realizan una evaluación cualitativa, considerando las políticas y los sistemas de gestión empresariales.

Conclusión

En los tres casos el acarreo se realizará con palas mecánicas, manejadas por un operador que cargará y descargará de las unidades móviles destinadas para este fin.

Las alternativas se someterán a una serie de preguntas que permitirán evaluarlas, para definir ventajas y desventajas y así totalizar la calificación. Seleccionaremos como la alternativa más adecuada aquella que nos dé el mejor nivel en el *ranking* de ventajas.

Preguntas	Alternativas A	B	C
¿Fabricará un producto mejor?	–	–	–
¿Evitará accidentes?	○	◐	●
¿Reducirá costos?	●	◐	○
¿Mejorará el orden y la limpieza?	○	◐	●
¿Aumentará la producción?	○	◐	●
¿Dejará espacio útil libre?	○	●	●
¿Mejorará la productividad?	○	◐	●
¿Reducirá desperdicios y pérdidas?	○	◐	●
¿Reducirá los paros?	–	–	–
¿Mejorará la integración de conjunto?	○	◐	●
¿Mejorará otras condiciones de trabajo?	◐	◐	●
¿Proporcionará beneficios en seguros?	◐	◐	◐
¿Proporcionará beneficios en impuestos?	–	–	–
¿Disminuirá el mantenimiento?	–	–	–
¿Facilitará el transporte?	◐	○	●
¿Mejorará el control?	○	●	●
¿Responderá mejor a picos de producción?	●	◐	●
¿Permitirá un mejor control de calidad?	●	●	●
¿Permitirá cambios futuros?	●	◐	○
¿Disminuirá el tiempo de almacenamiento?	○	◐	●
¿Facilitará las actividades de acarreo de materiales?	◐	○	●
○	9 / -18	2 / -4	2 / -4
◐	4 / 8	12 / 24	1 / 2
●	4 / 16	3 / 12	14 / 56
	6	32	54

Calificación			
	●	Ventaja total	(valor 4)
	◐	Ventaja parcial	(valor 2)
	○	Desventaja	(valor -2)
	–	No se puede definir	(valor 0)

2. Evaluación de ahorros y gastos

Mediante esta técnica evaluaremos cada una de las alternativas planteadas cuantitativamente, determinando los flujos de dinero que se generarían debido a la implementación de la distribución propuesta.

Sería práctico utilizar este método en la evaluación de alternativas de distribución involucradas en una misma localización. Así, las variaciones en el costo del terreno no serían relevantes para la comparación de alternativas y el método se limitaría a inversiones menores y variaciones en los costos de operación.

Ejemplo 2

En una planta de producción de envases portátiles de GLP de 10 kg se han encontrado los siguientes problemas:

- Cruces e interrupciones en la línea de producción.
- Falta de continuidad en la línea de producción de cilindros, que ahora es la línea más importante.
- Ingreso y salida de material por una misma puerta, dificultando el libre acceso.
- Desorden y chatarra que impide el paso, sobre todo en la zona de acceso a la planta.
- No se utiliza el acceso lateral.

Solución

Se plantean dos alternativas:

- *Alternativa I: Recojo de chatarra*
  Al analizar el estudio, recomendaremos el recojo de desperdicios de los materiales cada 20 o 25 días por alguna persona o grupo que se dedique a la recolección de chatarra para el reciclaje. Esto no significaría un gran ingreso de dinero, pero sí ayudaría en el orden de la planta y en una mejor presentación de la línea de producción.

  Al revisar el estudio pudimos observar que el precio de venta de la chatarra corresponde al 12% del material virgen de la materia prima, esto es US$40/t; si se procesan 1.000 t/año, arrojaría una cantidad de 30 t/año de chatarra, esto es el 3% del total procesado. El monto que se obtendría de la venta sería, entonces, de US$1.200/año.

- *Alternativa 2: Reubicación del horno*
  Otra alternativa que recomendaríamos es la reubicación del horno de recocido, así la línea de producción sería más continua y tendría un recorrido más fluido; además, se aprovecharía el espacio dentro de la línea de producción y este espacio ocupado en forma ociosa serviría para colocar otra máquina o realizar otro tipo de actividad en la empresa.

  Aplicamos también un cuadro donde observamos la distancia recorrida y sus mejoras luego de aplicar los métodos propuestos.

	Distancia en metros		
	Antes	**Después**	**Reducción %**
De soldadura a horno de recocido	62	15	75,81
De horno de recocido a prueba hidráulica	70	5	92,86
De almacén a productos terminados	98	7	92,86
Total	230	27	88,26

Tabla de distancia recorrida

Si analizamos que se producen 370 unidades diarias y dentro del almacén el transporte se realiza mediante carritos de 10 unidades de productos, significa que en promedio realizan 37 viajes de ida y vuelta. Como se trabaja a pedido y con plazos de entrega coordinados previamente con el cliente, podemos concluir que el tiempo ahorrado en producción es un costo directo.

Distancia que no se recorre: (230-27)m x 2 (ida y vuelta) = 406 m
Velocidad aproximada = 0,5 m/seg
Tiempo de duración de los viajes = 812 seg = 0,226 h + 20% (cruces, curvas) = 0,2717 h
Costo H-H = US$1,88
Capacidad de transporte = 10 unidades
Costo de transporte de unidad = (0,2717 x 1,88)/10 = US$0,051/unidad
Producción anual = US$200.000 unidades
Ahorro anual = US$10.177,07

Conclusión

Analizando las dos alternativas planteadas y comparándolas con la situación actual, concluimos que cualquiera de ellas, en forma independiente o aplicadas ambas, generarán un ahorro con respecto a la situación actual.

3. Análisis de factores

Existe una lista de factores, comúnmente utilizados, de los cuales se extraerán algunos y se añadirán otros, dependiendo de las características de la empresa en estudio; algunos de ellos son:

- *Adaptabilidad*.- Es el grado de factibilidad para poder realizar cambios o efectuar ajustes.
- *Flexibilidad del planteamiento*.- Significa tener la posibilidad de que los cambios no sean tan rígidos y puedan haber nuevos registros.
- *Incremento de la producción*.- Indica en qué medida los cambios realizados favorecerán o perjudicarán la producción (mínimo de unidades producidas).
- *Eficacia del recorrido de productos y materiales*.- Nos muestra la factibilidad en el flujo de elementos para que de esta manera no se realicen cruces, trabajos innecesarios, etc.
- *Eficacia del almacenaje*.- Es un factor importantísimo dentro de nuestro análisis. Mide la capacidad y organización de los almacenes.
- *Utilización de las superficies*.- Indica cuál de las alternativas sacará mayor provecho del área perteneciente a la empresa.
- *Seguridad y vigilancia*.- Indica cuál de las alternativas es la óptima para poder desarrollar con mayor facilidad las condiciones de seguridad y vigilancia que sean necesarias.

- *Condiciones de trabajo y moral del personal*.- Son aquellas condiciones con las cuales el trabajador se siente más a gusto en su centro laboral; lo incentivan a seguir.
- *Facilidad de supervisión y control*.- Es importante que el supervisor pueda llegar con mayor facilidad a cualquiera de las secciones de trabajo para poder controlar o resolver cualquier problema que se presente.
- *Facilidad de una futura expansión*.- Indica si existe la posibilidad de poder ampliar el terreno o el edificio a favor de una mejor distribución.
- *Adaptación de la estructura general de la empresa*.- Significa saber si a los demás departamentos los afectan los cambios por realizarse, lo que lleva a efectuar desembolsos de dinero.
- *Economía, beneficio y rentabilidad*.- Es la forma más clara de darnos cuenta si los cambios por efectuarse serán beneficiosos.

Para la evaluación de las alternativas se considerará la siguiente escala de valores:

Valor numérico	Significación
5	Excelente
3	Bueno
1	Deficiente

Escala de valores

Es recomendable realizar la evaluación de manera horizontal, es decir, analizar cada factor para las alternativas propuestas, luego pasar al siguiente factor y así sucesivamente. Con esto se consigue mayor objetividad.

La ponderación de cada factor depende de la importancia que tenga dentro del análisis correspondiente, y se representa en escala de 0-20.

Ejemplo 3

Se quiere seleccionar la mejor entre las alternativas I, II y III.

Solución

Factor	Ponderación	Alternativas		
		I	II	III
Adaptación	10	10	20	20
Flexibilidad del planeamiento	6	6	6	6
Incremento de la producción	17	68	34	34
Eficacia de recorrido de productos y materiales	18	54	36	36
Eficacia del almacenaje	20	40	40	40
Utilización de las superficies	20	60	40	20
Seguridad y vigilancia	16	16	16	48
Condiciones de trabajo y moral del personal	12	24	12	12
Facilidad de supervisión y control	15	30	30	45
Facilidad de una futura expansión	18	0	-18	54
Adaptación de la estructura general de la empresa	6	6	0	0
Inversiones necesarias	20	0	-20	0
Economía, beneficio y rentabilidad	20	60	40	40
	Totales	374	236	355

Conclusión

De acuerdo con los totales, tenemos que seleccionar la alternativa I por ser la mejor.

4. Comparación de costos

La distribución ideal minimiza el costo de la actividad de la planta. Esto influye no solo en los costos afectados por la distribución de la planta, tales como el manejo de los materiales, sino también un amplio número de costos que no pueden ser descuidados. Algunos de esos costos son los siguientes:

- *Manejo de materiales*.- Para minimizarlo, en la medida de lo posible, la fábrica debe proveerse de equipo mecanizado, y para algunas operaciones, de equipo automatizado, en lugar de realizar esfuerzo manual, tanto en la planta como en la distribución del producto.
- *Redistribución y expansión*.- Si se espera una expansión o revisión de la distribución en el futuro, el plan debe prever estos cambios. Debe preverse el uso de electricidad, agua y líneas de alcantarillado no utilizadas por el momento; esto debe hacerse de forma que permitan un aumento sustancial de la producción con flexibilidad.
- *Uso económico del piso*.- Por cada metro cuadrado de suelo o piso se pagan cantidades importantes por alquiler o impuestos, así como por iluminación y mantenimiento. Estos costos pertenecen tanto al espacio de piso no usado como al utilizado productivamente.
- *Seguridad*.- Las condiciones de trabajo sin seguridad cuestan dinero a la empresa, ya sea como compensación a los trabajadores por los accidentes o por los seguros que tienen que contratarse. Al hacer la distribución de la planta, quedan permanentemente fijadas las condiciones en que el personal trabajará.
- *Nuevos elementos*.- Ampliación de la infraestructura, construcción de nuevas áreas, instalación de servicios auxiliares, entre otros.
- *Operación o funcionamiento*.- Por pieza producida se deberá considerar la materia prima requerida, así como también los suministros y embalajes. Este costo de operación involucra el comportamiento del trabajo directo de la mano de obra, generándose los suplementos por horas trabajadas, así como también horas-máquinas, combustible, piezas y materiales para su mantenimiento.

Los métodos de evaluación de ahorros y gastos, así como la comparación de costos, realizan una evaluación cuantitativa tomando en consideración los aspectos económicos y financieros de la empresa.

Ejemplo 4

Una empresa pionera y líder en la elaboración de avisos publicitarios presenta actualmente una deficiente disposición de planta por el gran crecimiento que ha tenido en estos últimos años.

Preocupada por mantener un posicionamiento mejor que el de sus competidores, decide ejecutar un estudio para elevar su capacidad y productividad.

El estudio de disposición de planta detalla los siguientes problemas y presenta propuestas de solución:

- Acarreo manual de materia prima y materiales en proceso.
- Congestión en el área especial para el embalaje del producto.
- Poco espacio para el almacén (20 m^2).
- Tiempos largos de secado de las piezas punteadas.
- Servicios higiénicos deteriorados e inapropiados.

Propuestas de mejora para cada problema planteado:

Alternativa A			Alternativa B		
Mejora	**Costo US$**	**Total**	**Mejora**	**Costo US$**	**Total**
Dispositivos mecánicos Para efectuar eficientemente el transporte (cantidad: 2)	85	170			
Aprovechar el espacio existente con la compra de:					
• Medio mecánico para facilitar la manipulación del cartón corrugado (material de ensamblaje). (cantidad: 1)	60	60	Ampliar el espacio físico 5 m^2 más, del área de embalaje del producto, reduciendo el espacio disponible del área de producción	200/m^2	1.000
• Anaqueles y estantes para herramientas (cantidad 3).	170 c/u	510			
Ampliación a 40 m^2 de almacén nuevo para materias primas (actualmente tiene 20 m^2).	150/m^2	3000	Construcción de 45 m^2 en un segundo piso para el traslado de oficinas administrativas y producción	100/m^2	4.500
Compra de un horno	2.000	2000	Generar calor por medio de reflectores (cantidad: 2)	50 c/u	100
Construcción de nuevos servicios y vestuarios (20 m^2)	200/m^2	4000	Reparación y mantenimiento de baños	400	400
Total		**US$9.740**			**US$6.000**

Solución

Considerando los montos de inversión en el año cero y de acuerdo con la planificación económica y el presupuesto otorgado para estas mejoras, la empresa decide implementar la alternativa B.

Ejemplo 5

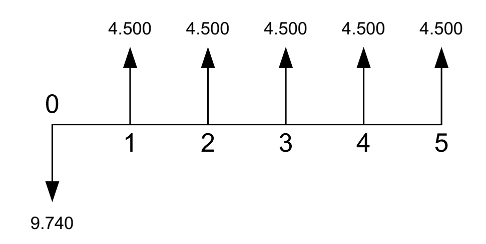
Teniendo en cuenta la información anterior, si la alternativa A generara un ahorro en las operaciones de la empresa de US$4.500/año y la alternativa B generara un ahorro de US$2.600/año, considerando los próximos 5 años como horizonte del proyecto, ¿variará su decisión si se espera una tasa mínima atractiva de retorno de 15%?

Evaluando el valor actual neto:

- Alternativa A:

$$VAN\ A = -9.740 + \frac{4.500}{(1+0,15)^1} + \frac{4.500}{(1+0,15)^2} + \frac{4.500}{(1+0,15)^3} + \frac{4.500}{(1+0,15)^4} + \frac{4.500}{(1+0,15)^5}$$

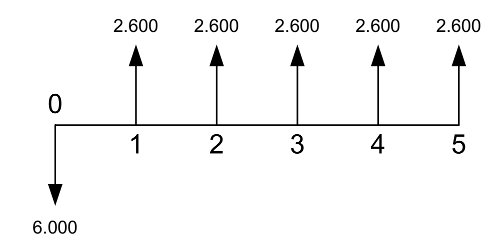
VAN A= US$ 5.344,69



- Alternativa B:

$$VAN\ B = -6.000 + \frac{2.600}{(1+0,15)^1} + \frac{2.600}{(1+0,15)^2} + \frac{2.600}{(1+0,15)^3} + \frac{2.600}{(1+0,15)^4} + \frac{2.600}{(1+0,15)^5}$$

VAN B= US$ 2.715,56



Conclusión

La alternativa A dará como resultado un valor actual neto mayor que la alternativa B; se elegirá, entonces, la alternativa A.

Problemas propuestos

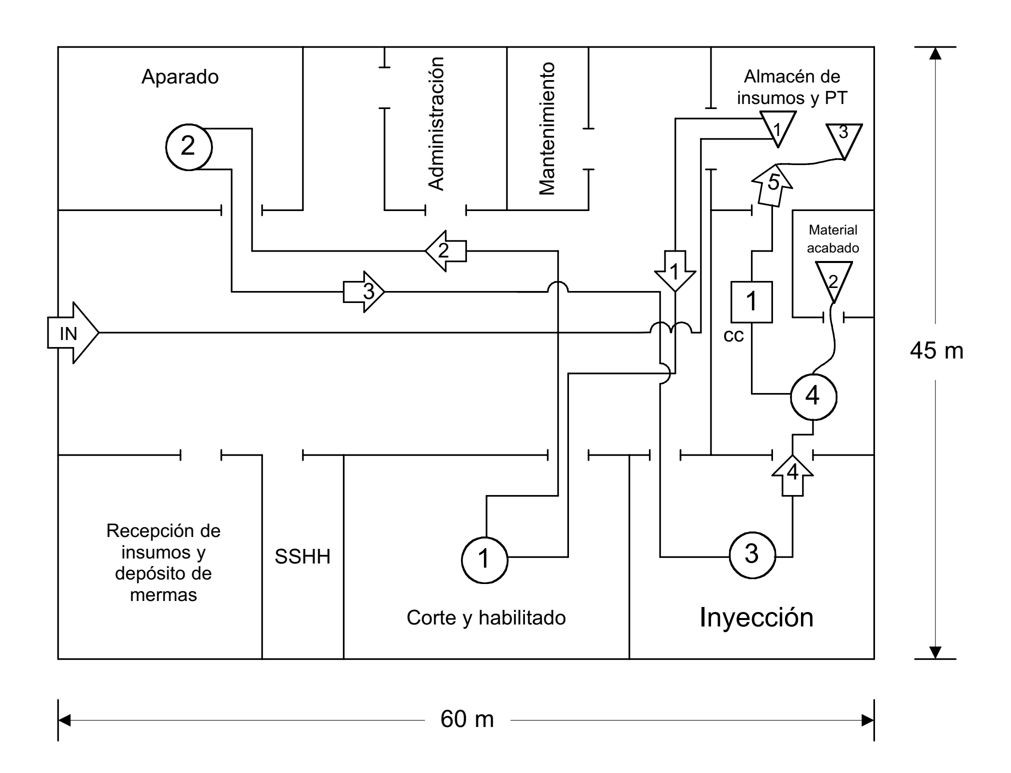
1. Una empresa que produce zapatillas de lona, con suela de PVC inyectada, enfrenta el problema de retraso en los pedidos. El gerente de Producción inicialmente consideró que el retraso en la entrega de pedidos se debía a problemas de iluminación en el área de aparado, por lo que el mes pasado llevó a cabo la instalación de un moderno sistema de iluminación y ambientación en dicha área.

Dado que el problema no se resolvió, se han analizado las siguientes causas:

- Excesivos recorridos de material.
- Desorden y falta de control en el almacén de insumos y productos terminados.
- Insuficiente espacio en el área de acabado. Debería ser de 66 m^2
- Espacio innecesario en el área de corte y habilitado; este deberá ser 225 m^2.
- El control de calidad no cuenta con requerimientos mínimos para las pruebas y ensayos.
- Todo el acarreo se hace manualmente utilizando bolsas de polipropileno.

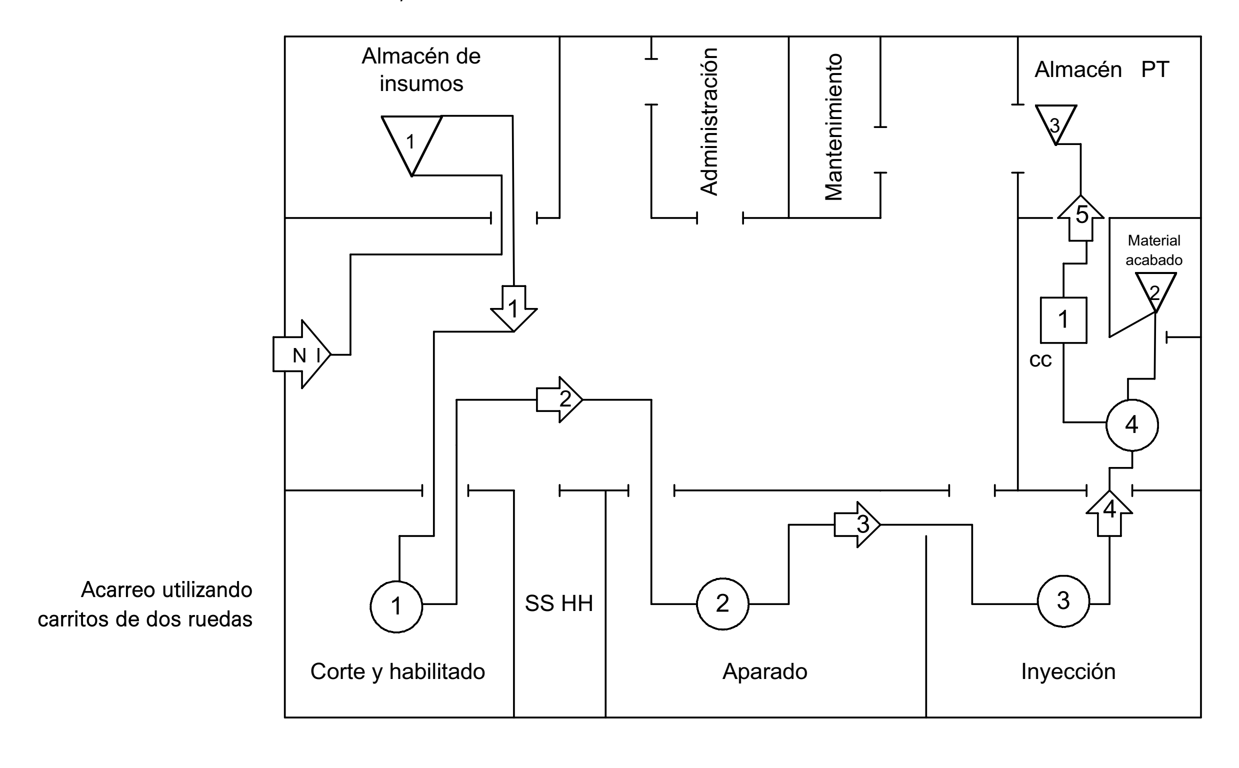
Ante la vigencia del problema, se han considerado modificaciones en la disposición de planta. Se presentaron dos propuestas:

Situación actual

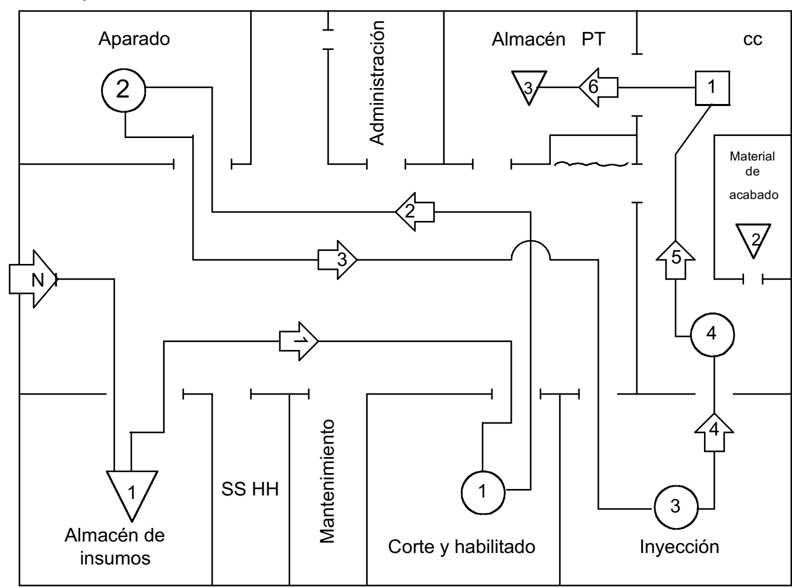


Propuesta 1

Acarreo utilizando carritos de dos ruedas



Propuesta 2



Acarreo utilizando carritos de dos ruedas

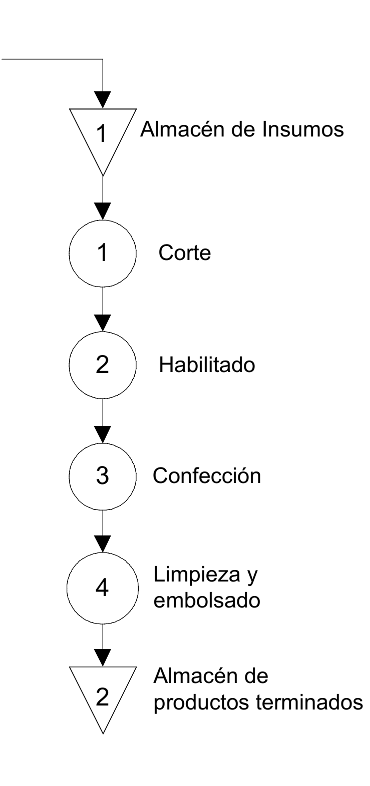
Con esta información:

1. Analice las propuestas y evalúe las alternativas, use una metodología apropiada para la evaluación.
2. Indique qué alternativa elegiría usted y comente sus resultados.

2. En una empresa de confecciones se ha recibido un contrato de exportación que copará su producción del próximo año, con la posibilidad de extenderse dos años más.

Por ello, la empresa ha decidido hacer una redisposición de sus instalaciones. En un primer estudio ha encontrado lo siguiente:

- Como resultado de un sistema computarizado para la contabilidad y el control de inventarios, se ha reducido en 30% el personal administrativo; sin embargo, los escritorios y ambientes que ocuparon se mantienen sin uso.
- El área de corte requiere un espacio destinado a la ubicación de los moldes y patrones; últimamente se han extraviado algunos.
- Se ha logrado una ampliación en el contrato de compra de los equipos de lavado y secado; debido a ello, el proveedor se compromete al cambio de los equipos ante cualquier innovación tecnológica. Ello dará lugar al cambio de los actuales equipos por otros más modernos, que podrán instalarse en un menor espacio. Tratará también de resolverse el problema de la ventilación en esta área, pues se han recibido quejas de los trabajadores por el excesivo calor y la humedad. Solo el 20% de las prendas requiere la operación de lavado.

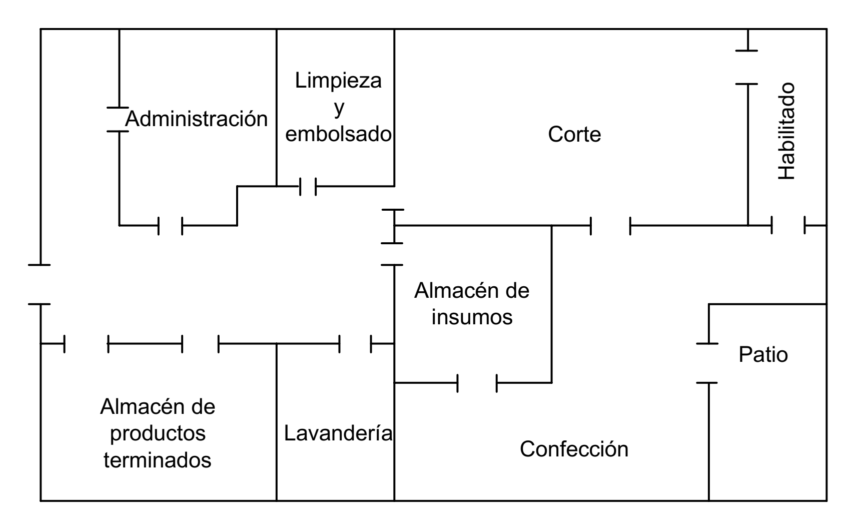


- Dado que el contrato establece grandes volúmenes de producción, pero con diseños, colores y tallas diferentes, deberá ordenarse la planta en células de trabajo y se requerirá mayor amplitud en el área de confección.
- Se observan muchos cruces en el acarreo de materiales, por lo que se debe lograr un mejor flujo. Debe tenerse en cuenta que el proceso sigue la siguiente secuencia mostrada en el gráfico.
- En el habilitado se ordenan las piezas que vienen de la sección de corte, preparando canastillas destinadas a cada una de las líneas de producción. Se requiere mucho control para evitar la pérdida de piezas.

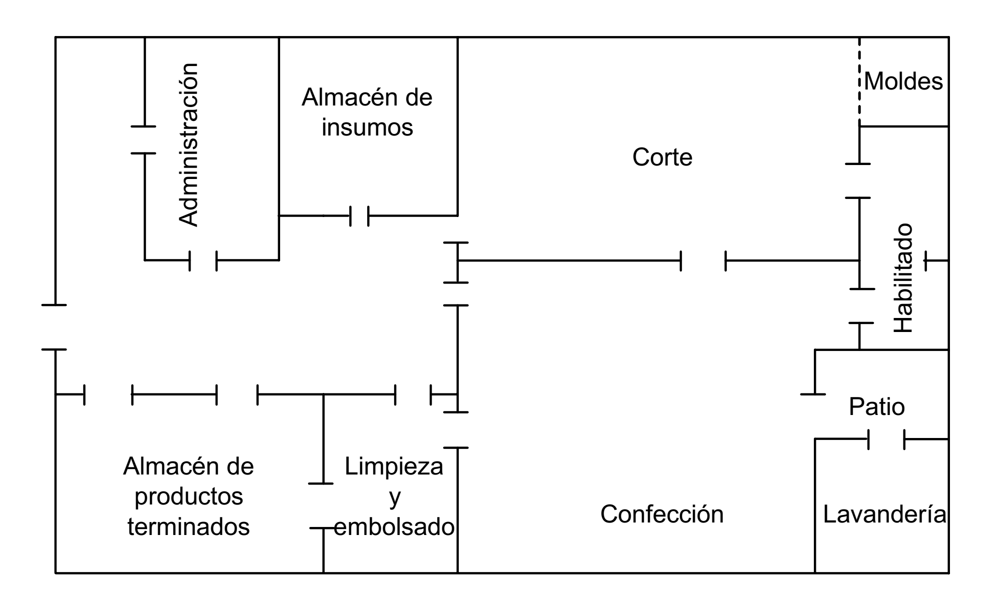
Se requiere que:

- Determine la mejor alternativa, usando un método de evaluación.

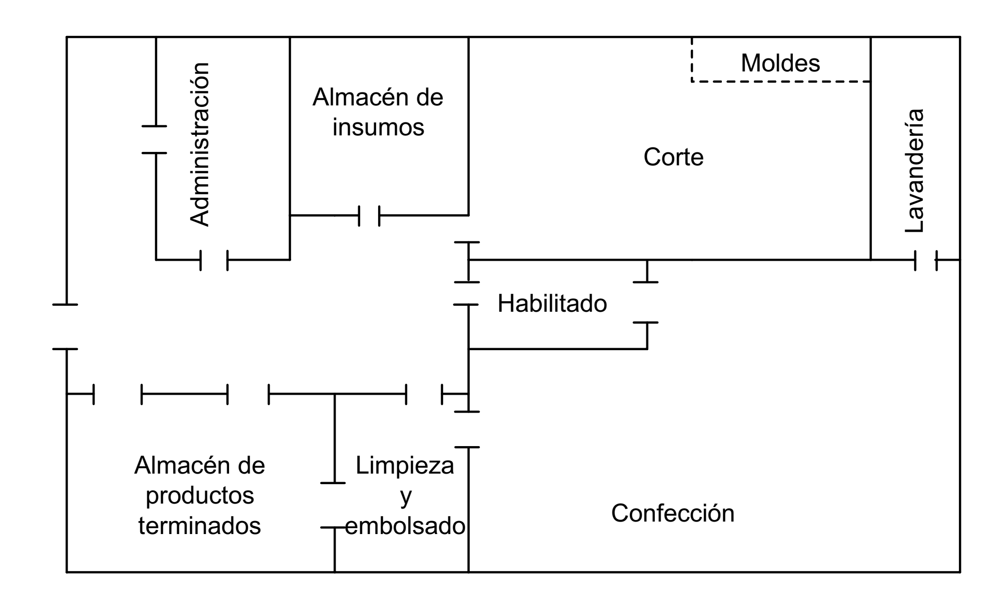
Disposición actual:



Disposición propuesta:



Disposición propuesta:



Capítulo

18 Implementación de la propuesta elegida

En este capítulo trataremos los siguientes temas:

- Generalidades
- Planificación de la instalación:

Un proyecto de disposición de planta no termina sino hasta la implementación de las ideas propuestas, calificadas como las oportunas o apropiadas en el capítulo anterior.

En este capítulo se detallan la planificación, la organización, la ejecución y la puesta en marcha de la nueva disposición de planta.

1. Generalidades

Para cada actividad industrial el estudio de disposición de planta determina un procedimiento considerado ventajoso para alcanzar la máxima eficiencia.

No todos los estudios plantean la construcción de una nueva fábrica; de hecho, lo más común es la reordenación de los servicios y equipos actuales dentro de un edificio existente. El procedimiento más frecuente es una ligera modificación y la mayor parte de la atención está dedicada al flujo del material.

La distribución de una planta es una actividad del ingeniero industrial en la cual su experiencia y conocimientos técnicos permiten desarrollar un análisis sistemático y proponer una distribución de planta, proyectada para responder a los cambios futuros.

La naturaleza de una distribución de planta es tal que, una vez hecha, los errores cometidos tienden a permanecer como costos de operación. Por ello, deben hacerse verdaderos esfuerzos para detectar y eliminar tales errores.

Para organizar las actividades involucradas en el rediseño o en una nueva disposición de planta, se deberá organizar la carta Gantt.

2. Planificación de la instalación

Las etapas de la planificación son las siguientes:

2.1 Planeación

En esta primera etapa de la instalación se deben proyectar las actividades por realizar, con el fin de asegurar una implementación oportuna y económica, ajustándose a los requerimientos de la empresa, a la disponibilidad de recursos y al tiempo estimado, para no alterar las operaciones de aquella ni generar escasez que afecte al mercado.

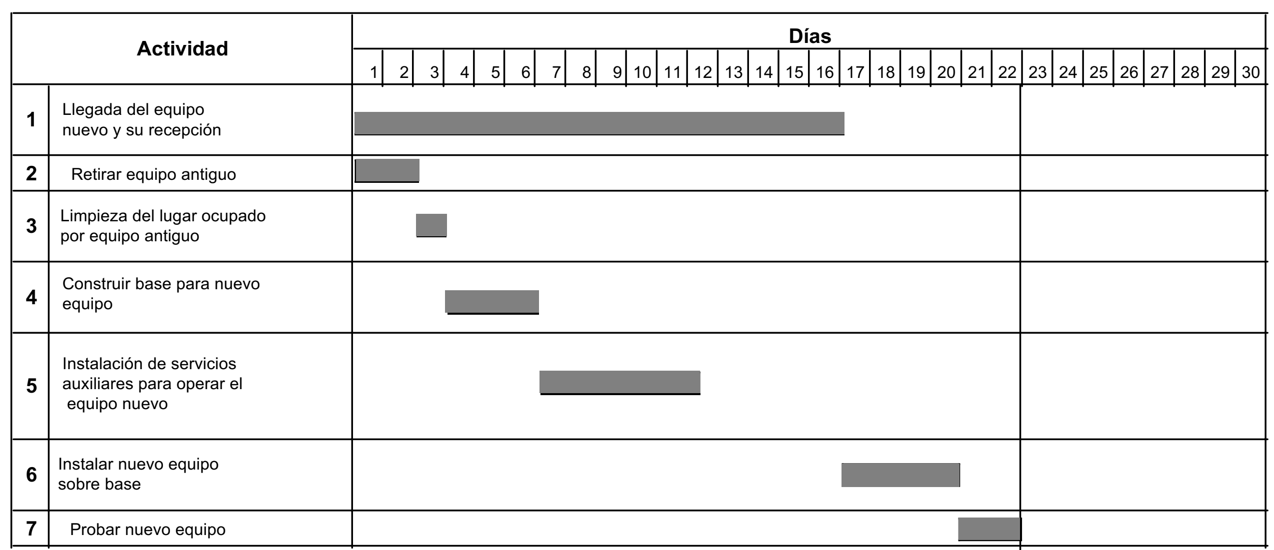
Existen varios métodos para la programación de las actividades; sin embargo, el más sencillo y más utilizado es la Carta Gantt.

Para la planificación de las instalaciones en esta etapa es importante identificar las actividades por desarrollar, determinando los recursos requeridos y los tiempos para cada actividad.

Será conveniente hacer un estudio cuidadoso de la precedencia de las actividades, estableciéndose las que pueden desarrollarse en forma paralela, así como las que requieren acciones antes de su inicio. En algunos casos, estas últimas podrán formar parte del camino crítico del proyecto de instalación, por lo cual la asignación de recursos para minimizar los tiempos es prioritaria. De ello dependerán los costos involucrados, que tendrán como factor limitante para la instalación, la disponibilidad de los montos de inversión.

Para la programación de actividades podrá utilizarse la técnica del diagrama Gantt, que se presenta bajo la forma de un cuadro de doble entrada, donde:

- Las abscisas representan los periodos del tiempo total que durará el proyecto desde el inicio.
- Las ordenadas representan las actividades involucradas para llevar a cabo dicho proyecto.
- Las actividades están representadas por barras o líneas horizontales de longitud proporcional a su tiempo de duración, fijándose de ese modo su inicio y su término.



Carta Gantt

El *software* MS Project dispone de un enrejado donde se pueden enumerar y nombrar las actividades de acuerdo con su secuencia e indicar su tiempo de duración, efectuándose automáticamente las barras de las actividades.

Mediante el programa Microsoft Project se puede realizar un diagrama Gantt. De forma predeterminada, este programa asigna un número de identificación a cada tarea. Además, puede agregar códigos de estructura de descomposición del trabajo a las tareas para mostrar con más detalle la estructura del proyecto de planificación.

2.2 Construcción y cambios en la estructura del edificio

Cuando se trata de la construcción de una planta nueva, deben tenerse en cuenta las condiciones locales, pues ellas afectan todas las fases de la construcción. Por lo general, si se contrata los servicios de una empresa constructora, esta será la responsable de todo lo referido a la construcción y su personal; sin embargo, será conveniente tener presente los siguientes datos antes del inicio de los trabajos:

2.2.1 Necesidades y abastecimiento de agua

Deben obtenerse fuentes de agua para los siguientes usos:

- Para uso industrial (se usa en los procesos).
- Para el sistema de enfriamiento.
- Para beber (debe ser agua potable).
- Para el servicio (se usa en la limpieza general y en otros servicios).
- Para la generación de vapor (agua tratada para calderas).
- Para apagar incendios.
- Para la construcción (la cantidad de agua que se usa en construcción depende del tipo de proyecto, del número de trabajadores y del tiempo dedicado).

Mediante una buena coordinación con todos los implicados en el cambio se logrará el éxito de la mejora.

2.2.2 Energía eléctrica y abastecimiento de combustible

Cuando se va a comprar la energía eléctrica, debe localizarse la posición de las líneas de transmisión y la de la subestación de la planta. Al principio, deben determinarse los voltajes primarios para calcular y obtener de inmediato el transformador principal de la planta y los dispositivos de distribución. Con la inspección preliminar debe determinarse la dirección en la que se instalarán las líneas; si la energía se conducirá desde el límite de propiedad hasta la subestación por líneas aéreas o subterráneas o si se instalará un solo sistema alimentador.

2.2.3 Necesidades de personal de construcción

Se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- Salarios de la región, contratos de trabajo con las fechas de vigencia y de finalización, y la disponibilidad de artesanos locales competentes.
- Relación de obras proyectadas en la región y periodos en los que se necesitará mayor número de trabajadores.

- Existencia de alojamiento para el personal, lo que puede resolverse si la obra queda cerca de una ciudad.
- Disponibilidad de comedores.
- Servicios médicos y condiciones climatológicas especiales que requiera el personal.
- Costumbres de la región.
- Transporte que necesita determinado personal.
- Estacionamiento para el personal de construcción.
- Instalaciones sanitarias y vestidores para el personal de construcción.
- Identificación para el personal de construcción.
- Localización del material de construcción, del que se va a usar en la planta y del área de almacenamiento del equipo, que con frecuencia afectan en la descarga, el transporte y el manejo de materiales.

2.2.4 Clima

Es conveniente tener en cuenta también los datos específicos sobre el clima del lugar, entre los cuales están:

- Temperatura atmosférica máxima y mínima. Las fluctuaciones de la temperatura atmosférica influyen también en el proyecto del sistema de enfriamiento para el agua y en la selección del equipo.
- Humedad relativa (fluctuación diaria, mensual y promedio estacional). Estos datos son indispensables para el proyecto de las torres de enfriamiento, los secadores para el aire utilizado en los procesos y la determinación de las necesidades del personal.
- Precipitación pluvial (máxima, anual y promedio estacional).
- Estos datos se utilizan para el proyecto del drenaje de la planta, en el proyecto de los edificios y posiblemente en el proyecto de los procesos.
- Información sobre inundaciones locales y mareas. Estos datos son útiles cuando la planta está ubicada cerca de una corriente importante expuesta a desbordes o en una zona costera que pueda sufrir inundaciones.

2.3 Preparación

Previamente a la ubicación y traslado de máquinas y personal, el jefe del proyecto deberá considerar los siguientes aspectos:

- Las condiciones de los empleados para el cambio.
- El problema fundamental de la redistribución.
- Cuándo debe hacerse la instalación:
  - Cambios anuales en el diseño de los productos.
  - Cierre de la planta por vacaciones.
  - Estación de calma en la producción.
  - Fines de semana o fines de semana ampliados.
- La identificación de puntos de colocación.
- Coordinación de la instalación.

- Ajustes ante cualquier imprevisto.
- Comprobación continua.

2.4 Traslado e instalación

Para llevar a cabo la instalación, debe verificarse la siguiente información:

- Lista de toda la nueva maquinaria y equipo por instalar.
- Equipo existente que debe cambiarse o moverse de sitio.
- Programa de movimientos.
- Hoja de especificaciones indicando cómo desconectar, mover y elevar cada máquina.
- Copia de la distribución, dibujo o fotografía, explicando los detalles de las nuevas posiciones.
- Equipo requerido para el traslado.
- Coordinaciones con proveedores de equipo y asistencia técnica requerida.

2.5 Puesta en marcha

Una vez hechas las instalaciones de la maquinaria y del equipo, deberá hacerse una revisión y comprobación final, ajustando los últimos detalles para la puesta en marcha.

Generalmente, la puesta en marcha involucra una primera corrida del proceso; comprobado el funcionamiento de la maquinaria y de los servicios anexos, se dará paso al inicio de las operaciones.

Problemas propuestos

1. Se ha recibido la siguiente orden de instalación de una máquina nueva en un taller mecánico (véase cuadro):

Situación actual:

- Se están trabajando en el taller dos pedidos, el primero ya tiene un día de trabajo, habiéndose programado su entrega para el día 11 de marzo a mediodía. El segundo pedido requiere cinco días de maquinado (debe tenerse en cuenta que se trabaja de lunes a sábado de 7 a.m. a 4 p.m., con una hora de refrigerio).
- Se ha conseguido la información de desaduanaje, confirmando la llegada y dando autorización de retiro a partir del 15 de marzo. El traslado lo realizará una empresa de transportes que ha indicado que puede programarlo para el 16 de marzo y que llegaría a la planta al mediodía.
- La máquina que llega reemplazará el actual torno, que, con más de 20 años de uso, será dado de baja y se pondrá en remate (hasta su venta se ubicará en el área de mantenimiento).
- Se ha observado que la actual puerta lateral dificulta las operaciones, ya que por ser la única, a través de ella se realiza todo

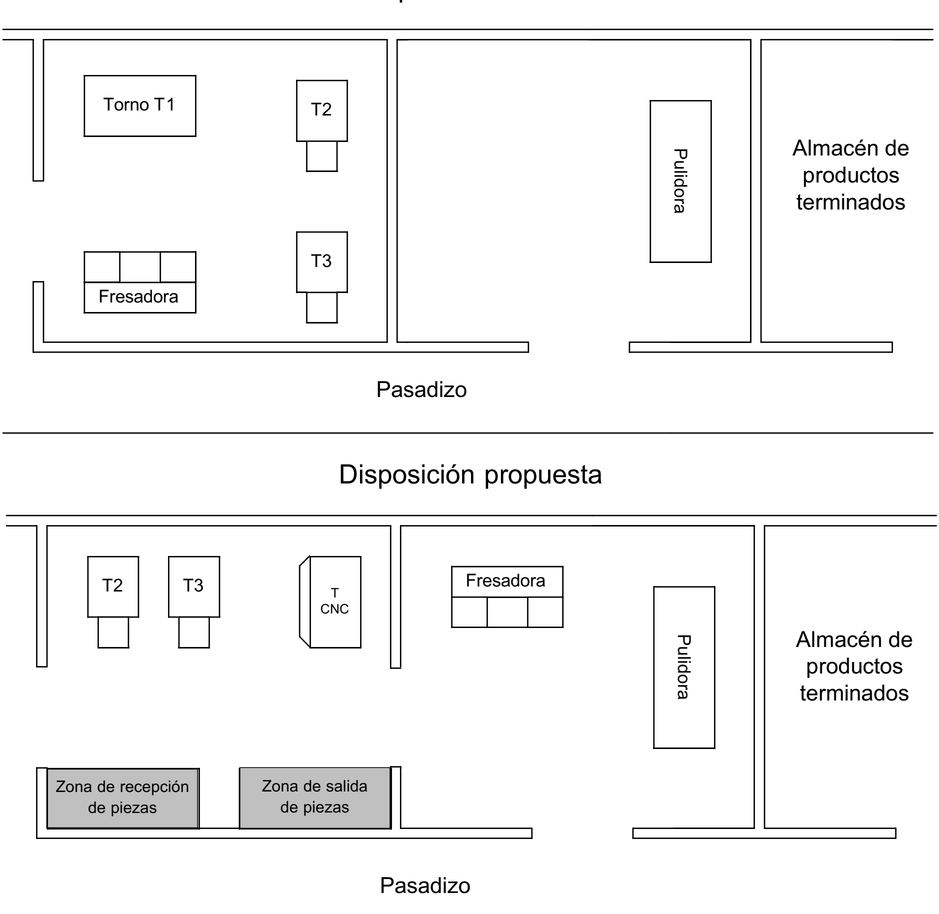
Memorándum Nº 125 SP

A	:	José Miranda Jefe de Planta
De	:	Walter Crougat Gerente de Producción
Asunto	:	Recepción e instalación de máquina nueva
Fecha	:	8 de marzo de 2006

Mediante la presente informamos a usted que se encuentra en el almacén de aduanas, el torno CNC solicitado según requisición Nº 015-TP. Sírvase coordinar las actividades para la recepción e instalación de dicha maquinaria.

el acarreo de materiales, por lo que se ha propuesto abrir otra puerta en el extremo opuesto.

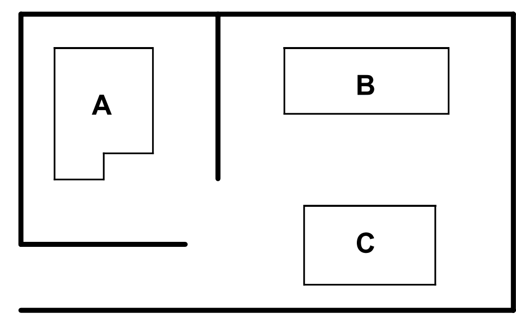
- Actualmente, las piezas que llegan para procesos y aquellas que ya han sido trabajadas, se ubican al costado de las máquinas, lo que genera desorden y condiciones peligrosas.
- Con todas las consideraciones expuestas, se han elaborado los siguientes planos del taller.



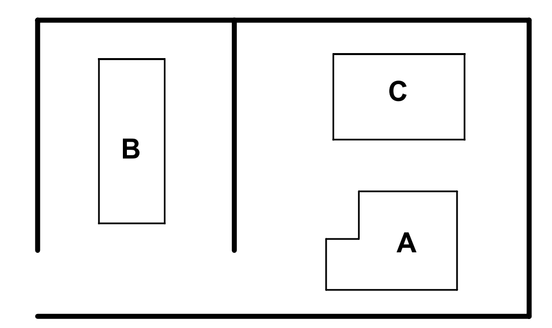
Pregunta:

- Presente el diagrama de Gantt con todas las actividades que se deben desarrollar para la instalación.
- Si le ha llegado un tercer pedido para entregar el 18 de marzo, indique usted cuándo será posible iniciar la producción.

2. Luego de un estudio de redisposición de planta se ha presentado la propuesta que se muestra en el plano siguiente:
Pregunta:



Actual



Propuesta

- Indique las actividades por desarrollar para la redisposición.
- Estime un tiempo para cada actividad y prográmelas, presentando un diagrama de Gantt.

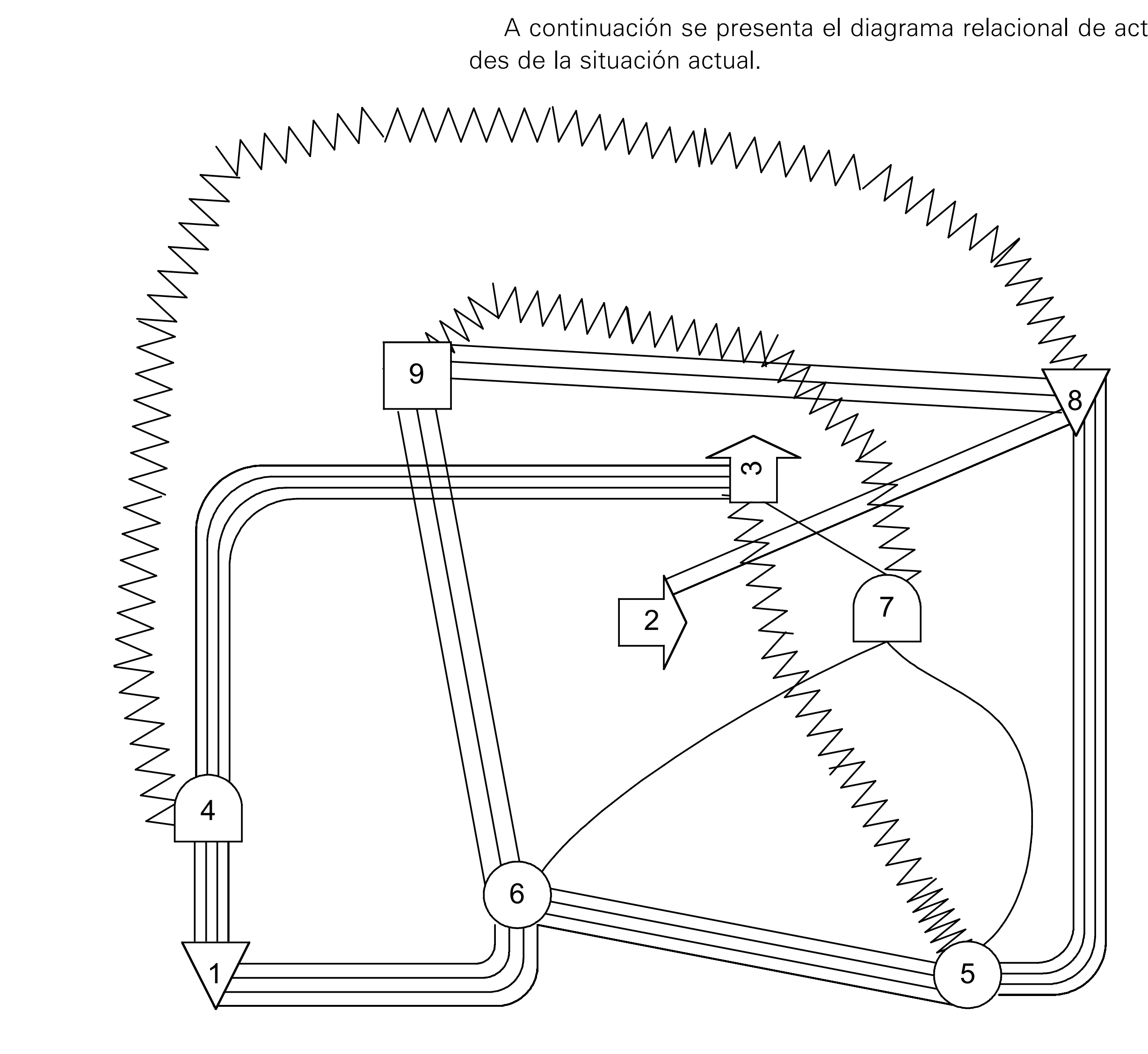
  Nota: Tomar el tamaño de las máquinas de la propuesta, en el plano actual tienen un tamaño diferente. Las máquinas A y B deben tener el mismo tamaño en ambos planos.

3. Para la elaboración de un preservante de madera se requiere un compuesto activo básico, el cual está disuelto con un solvente, mezclado y cocinado con aceite, kerosene y petróleo. Luego de enfriado se envasa en tarros de 1 y 4 litros. Para su calidad y eficiencia se requiere que los insumos que lo componen se sometan a ciertos controles.
La planta cuenta con las siguientes áreas:

1. Almacén P.T.
2. Patio de maniobras
3. Oficinas administrativas
4. Tienda
5. Producción
6. Envasado y ensamblaje
7. SS.HH.
8. Tanques de insumos
9. Control de calidad

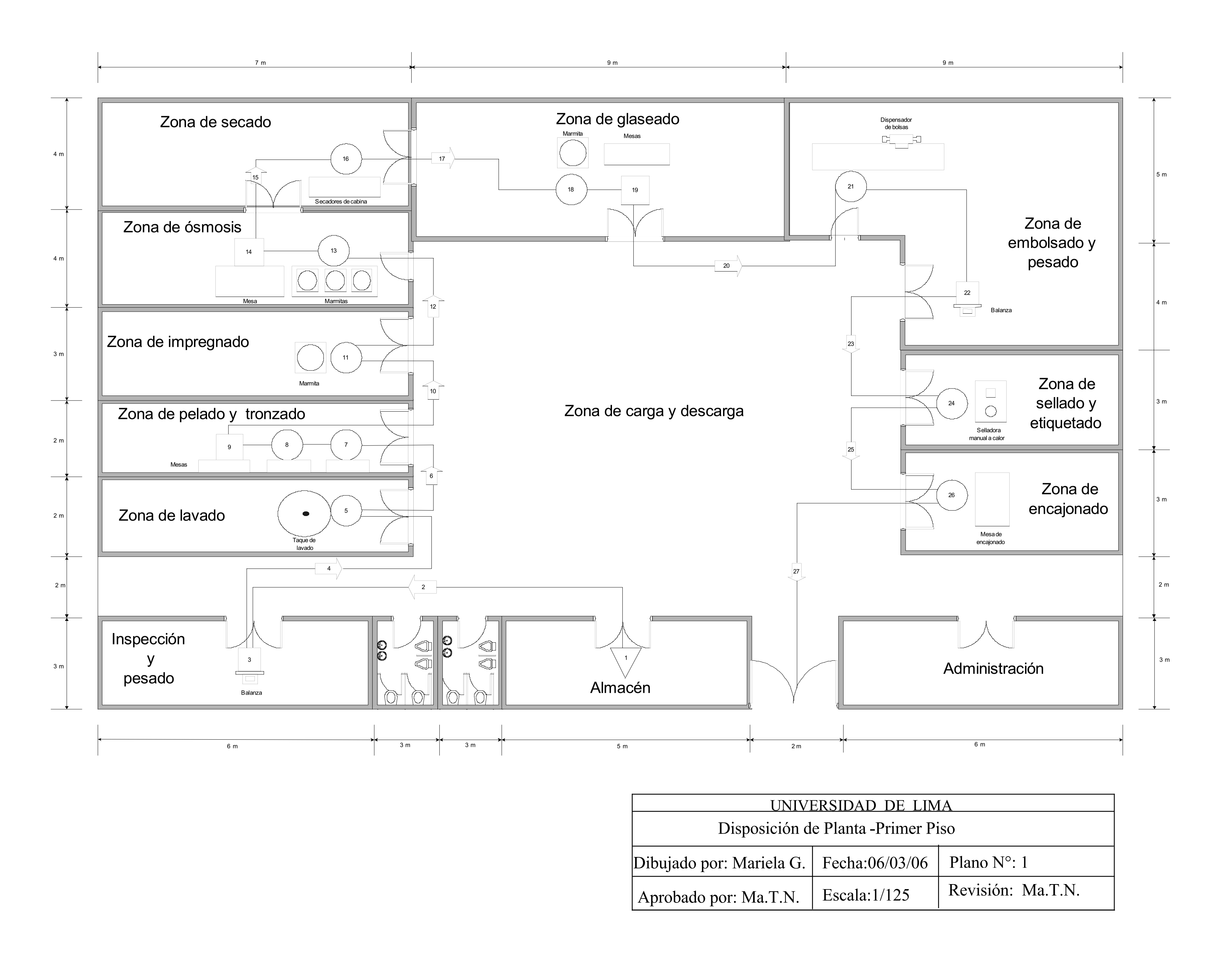
Se ha realizado un estudio de la disposición actual de esta empresa y se han planteado dos propuestas de mejora como resultado del análisis del diagrama relacional de actividades, considerando las relaciones de proximidad o lejanía, para ser eficiente con el tiempo de producción y brindar un buen servicio.

A continuación se presenta el diagrama relacional de actividades de la situación actual.



La distancia entre una y otra área busca brindar más seguridad y evitar malos olores y ruido excesivo.

1. Sobre la base de la técnica de ventajas y desventajas, seleccione la mejor alternativa de distribución, considerando como mínimo cinco preguntas.
2. Determine qué principios de planta se aplican a la distribución seleccionada.
3. ¿Qué tipo de distribución de planta corresponde a la empresa? Justifique su elección.



Zona de secado
Secadores de cabina
Zona de ósmosis
Mesa
Marmitas
Zona de impregnado
Marmita
Zona de pelado y tronzado
Mesas
Zona de lavado
Taque de lavado
Zona de glaseado
Marmita
Mesas
Dispensador de bolsas
Zona de embolsado y pesado
Balanza
Zona de sellado y etiquetado
Selladora manual a calor
Zona de encajonado
Mesa de encajonado
Zona de carga y descarga
Inspección y pesado
Balanza
Almacén
Administración
UNIVERSIDAD DE LIMA
Disposición de Planta -Primer Piso
Dibujado por: Mariela G.
Fecha:06/03/06
Plano N°: 1
Aprobado por: Ma.T.N.
Escala:1/125
Revisión: Ma.T.N.

4. Un joven empresario establecerá una empresa procesadora de ciruelas para elaborar jugos. Por su estudio de localización de planta, el lugar estratégico es Chiclayo, por lo tanto, ha comprado un terreno con un área de acuerdo con los requerimientos de su proyecto de planta.

Para el programa de implementación del proyecto ha fijado las siguientes actividades y tiempos:

	Actividad	**Tiempo (días)**
1	Licencia de construcción	10
2	Obras electromecánicas	80
3	Lanzamiento de producción	05
4	Obras civiles	90
5	Pruebas de funcionamiento de equipos	10
6	Pruebas de producción	05
7	Compra y espera de llegada de equipos importados	70
8	Compra y espera de llegada de equipos nacionales	30
9	Adquisición de un primer lote de materia prima	10
10	Licencia de funcionamiento de la planta	30

El producto es nuevo, lo cual exige que se lleven a cabo pruebas con el personal especializado antes de iniciar la producción.

El joven empresario ha nombrado en desorden las actividades; por ello, le solicita a usted que las ordene en forma lógica y se establezca el tiempo mínimo indispensable para la implementación del proyecto.

5. Para el problema 1 del capítulo 17: Presente el cronograma de implementación para la alternativa elegida. Detalle las actividades que se deben desarrollar.

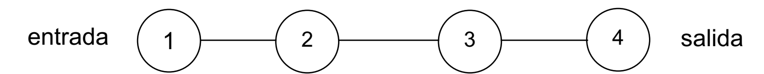
6. Para el probema 2 del capítulo 17: Presente el plan de implementación de la propuesta. Determine en cuántos días terminaría de implementar la propuesta elegida.

Actividad	**Tiempo (días)**
Abrir una puerta	2
Cerrar una puerta	1
Demoler una pared	2
Construir una pared	3
Adecuación del ambiente para otro uso	1
Traslado y ubicación de máquinas, mesas o equipos	2

Anexos

ANEXO 1
TIPOS DE CIRCULACIÓN

Circulación en línea recta

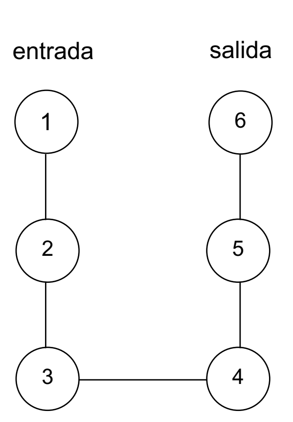


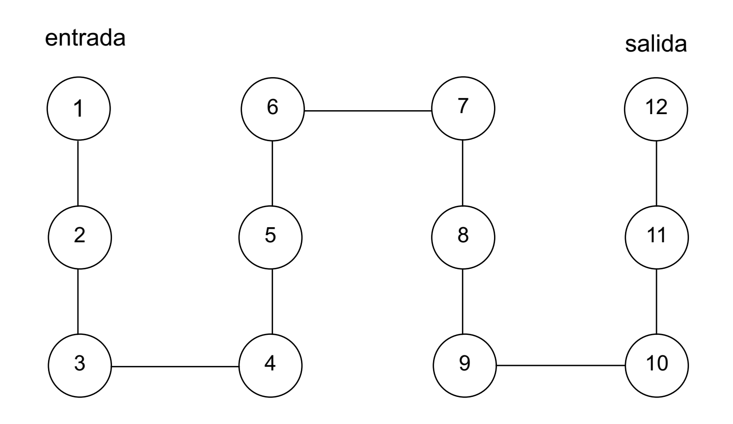
La ventaja de este tipo de circulación es la inexistencia de productos en proceso, lo que permite que circulen entre las máquinas de modo equilibrado y con rapidez. Pero para adaptarse a los cambios de la demanda se tendrá que reasignar las operaciones entre los trabajadores, lo cual podrá llevarnos a requerir un número fraccionado de trabajadores, debiendo redondear a una persona más, ocasionando tiempo de espera del operario o producción excesiva.

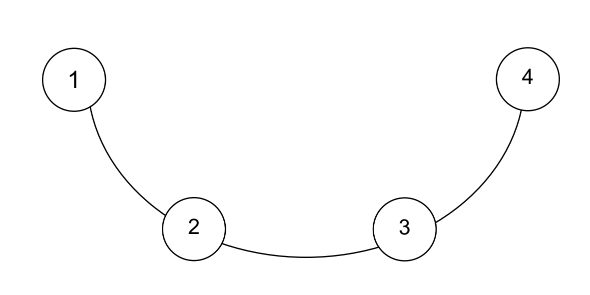
Circulación en forma de "U"

Lo esencial es que en este tipo de distribución la entrada y la salida de una línea se encuentran en la misma posición. Puede presentar algunas variaciones, como la forma de serpentín y circular (véanse figuras). Lo importante es que ofrece flexibilidad para aumentar o disminuir el número necesario de trabajadores, adaptándose a los cambios en las cantidades por producir.

La disposición en "U" permite desarrollar áreas o regiones para operaciones específicas. En los procesos automatizados las operaciones se sitúan en la entrada y la salida de la línea.



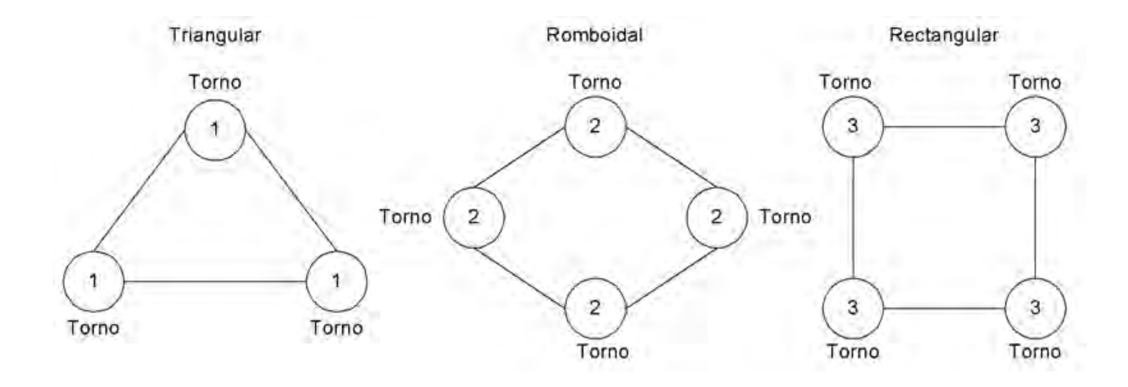




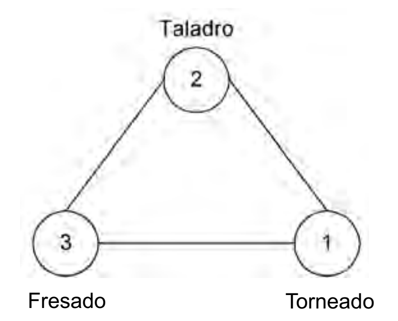
Circulación en jaula de pájaro

En este tipo de circulación se dispone dos o más puestos del mismo tipo de máquina alrededor del operario. Funcionalmente son de forma triangular, rectangular o romboidal.

La ventaja consiste en que aumenta la calidad de producción por operario, incrementándose también la cantidad de existencias de productos semielaborados o intermedios, desequilibrando muchas veces la línea.



Circulación en islotes



Se ordenan las máquinas de acuerdo con el orden del proceso de una pieza, entrando al acceso de inventarios en cada puesto y disminuyendo el tiempo de transporte. Esta disposición supone un operario polivalente.

La desventaja está en que al encontrarse los operarios separados entre sí, no podrán ayudarse para equilibrar la línea, ocasionando existencias innecesarias entre ellos e impidiendo los movimientos de ayuda mutua debido al aislamiento de los islotes.

Circulación mixta

En este tipo de circulación se combinan varias líneas en forma de U dentro de una línea entregada.

ANEXO 2
SÍNTOMAS DE LA NECESIDAD DE MEJORAS EN LA DISTRIBUCIÓN*

Si un tercio de estos apartados requieren una respuesta afirmativa SÍ, existen muchas posibilidades de obtener beneficios mejorando la distribución. Si son dos tercios los que pueden contestarse SÍ, los beneficios de una redistribución son casi ciertos.

		SÍ	NO
1.	MATERIAL	SÍ	NO
a.	Alto porcentaje de piezas rechazadas	——	——
b.	Grandes cantidades de piezas averiadas, estropeadas o destruidas en proceso, pero no en las operaciones productivas	——	——
c.	Entregas interdepartamentales lentas	——	——
d.	Artículos voluminosos, pesados o costosos, movidos a mayores distancias que otros más pequeños, más ligeros o menos caros	——	——
e.	Material que se extravía o que pierde su identidad	——	——
f.	Tiempo excesivamente prolongado de permanencia del material en proceso, en comparación con el tiempo real de operación	——	——
2	MAQUINARIA	SÍ	NO
a.	Maquinaria inactiva	——	——
b.	Muchas averías de maquinaria	——	——
c.	Maquinaria anticuada	——	——
d.	Equipo que causa excesiva vibración, ruido, suciedad, vapores	——	——
e.	Equipo demasiado largo, ancho o pesado para su ubicación	——	——
f.	Maquinaria y equipo inaccesibles	——	——
3.	HOMBRE	SÍ	NO
a.	Condiciones de trabajo poco seguras o elevada proporción de accidentes	——	——
b.	Área que no se ajusta a los reglamentos de seguridad, de edificación o contra incendios	——	——
c.	Quejas sobre condiciones de trabajo incómodas	——	——
d.	Excesiva mutación de personal	——	——
e.	Obreros de pie, ociosos o paseando gran parte de su tiempo	——	——
f.	Equívocos entre operarios y personal de servicios	——	——
g.	Trabajadores calificados pasando gran parte de su tiempo realizando operaciones de servicio (mantenimiento)	——	——
4.	MOVIMIENTO. MANEJO DE MATERIALES	SÍ	NO
a.	Retrocesos y cruces en la circulación de los materiales	——	——
b.	Operarios calificados o altamente pagados, realizando operaciones de manipulación	——	——
c.	Gran porcentaje del tiempo de los operarios, invertido en “recoger” y “dejar” materiales o piezas	——	——
d.	Frecuentes acarreos y levantamientos a mano	——	——
e.	Frecuentes movimientos de levantamiento y traslado que implican esfuerzo o tensión indebidos	——	——
f.	Operarios esperando a los ayudantes que los secunden en el manejo manual, o esperando los dispositivos de manejo	——	——
g.	Operarios forzados a sincronizarse con el equipo de manejo	——	——
h.	Traslados a larga distancia	——	——
i.	Traslados demasiado frecuentes	——	——

* Muther, 1970.

Continúa

Continuación

		SÍ	NO
5.	ESPERA. ALMACENAMIENTO	SÍ	NO
a.	Se observan grandes cantidades de almacenamiento de todas clases	____	____
b.	Gran número de pilas de material en proceso, esperando	____	____
c.	Confusión, congestión, zonas de almacenaje disformes o muelles de recepción y embarque atiborrados	____	____
d.	Operarios esperando material en los almacenes o en los puestos de trabajo	____	____
e.	Poco aprovechamiento de la tercera dimensión en las áreas de almacenaje	____	____
f.	Materiales averiados o mermados en las áreas de almacenamiento	____	____
g.	Elementos de almacenamiento inseguros o inadecuados	____	____
h.	Manejo excesivo en las áreas de almacén o repetición de las operaciones de almacenamiento	____	____
i.	Frecuentes errores en las cuentas o en los registros de existencias	____	____
j.	Elevados costos en demoras y esperas de los conductores de carretillas	____	____
6.	SERVICIO	SÍ	NO
a.	Personal pasando por los vestuarios, lavados o entradas y accesos establecidos	____	____
b.	Quejas sobre las instalaciones por inadecuadas	____	____
c.	Puntos de inspección o control en lugares inadecuados	____	____
d.	Inspectores y elementos de inspección y pruebas ociosos	____	____
e.	Entregas retrasadas de material a las áreas de producción	____	____
f.	Número desproporcionadamente grande de personal empleado en recoger desechos, desperdicios y rechazos	____	____
g.	Demoras en las reparaciones	____	____
h.	Costos de mantenimiento indebidamente altos	____	____
i.	Líneas de servicios auxiliares que se rompen o averían frecuentemente	____	____
j.	Trabajadores realizando sus propias ampliaciones o modificaciones en el cableado, tuberías, conductos u otras líneas de servicio	____	____
k.	Elevada proporción de empleados y personal de servicio en relación con los trabajadores de producción	____	____
l.	Número excesivo de reordenaciones del equipo, precipitadas o de emergencia	____	____
7.	EDIFICIO	SÍ	NO
a.	Paredes u otras divisiones separando áreas con productos, operaciones o equipo similares	____	____
b.	Abarrotamiento de los montacargas o excesiva espera de estos	____	____
c.	Quejas referentes a calor, frío o deslumbramientos de las ventanas	____	____
d.	Pasillos principales, pasos y calles, estrechos o torcidos	____	____
e.	Edificios esparcidos, sin ningún patrón	____	____
f.	Edificios atestados. Trabajadores interfiriéndose en el camino unos con otros;	____	____
	almacenamiento o trabajo en los pasillos, áreas de trabajo abarrotadas, especialmente si el espacio en las áreas colindantes es abierto	____	____
g.	Peticiones frecuentes de más espacio	____	____
8.	CAMBIO	SÍ	NO
a.	Cambios anticipados o corrientes en el diseño del producto, materiales	____	____
	mayores, producción, variedad de productos	____	____
b.	Cambios anticipados o corrientes en los métodos, maquinaria o equipo	____	____
c.	Cambios anticipados o corrientes en el horario de trabajo, estructura de la organización, escala de pagos o clasificación del trabajo	____	____
d.	Cambios anticipados o corrientes en los elementos de manejo y de almacenaje, servicios de apoyo a la producción, edificios o características de emplazamiento	____	____

Anexo 3

Principales recursos por departamentos del Perú que deben ser considerados para la localización

Depto.	Principales cultivos		Especies de ganado	Minería	Pesquería
	Transitorios	Permanentes			
Amazonas	Arroz Maíz amarillo duro Yuca Plátano o guineo Caña de azúcar para alcohol Maíz amiláceo	Café o cafeto Cacao Limón ácido (sutil) Coca Aguaje	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco		
Ancash	Papa Maíz amiláceo Trigo Algodón Cebada grano Maíz amarillo duro Oca	Manzano Palto Melocotonero-durazno Mango Naranjo	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	Carbón, en yacimientos en las cuencas del Santa y el Chuquicara Cobre, plata, zinc Reservas de cobre fino Depósitos de yeso, caolín, mármol y arcilla	Anchoveta. Primer departamento en extracción y transformación pesquera (harina y conservas), con más del 50% de la producción nacional
Apurímac	Papa Maíz amiláceo Trigo Haba Cebada grano Maíz amarillo duro	Palto Melocotón-durazno Manzano	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	Yacimientos de cobre, hierro y polimetálicos. Pequeña y desigual producción de oro fino	Es de carácter artesanal. Extracción de trucha y pejerrey. Criadero de ovas y alevinos
Arequipa	Arroz Maíz amiláceo Papa Cebolla de cabeza Maíz amarillo duro Maíz chala Algodón	Olivo Vid (uva) Peral Manzano Palto	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	Minerales metálicos, principalmente cobre	La extracción del camarón es significativa y está orientada casi en su totalidad a satisfacer la demanda de Lima
Ayacucho	Maíz amiláceo Papa Cebada grano Trigo Haba	Cacao Café o cafeto Coca		Reservas polimetálicas y minas de antimonio.	
Cajamarca	Maíz amiláceo Papa Maíz amarillo duro Caña de azúcar para alcohol Arroz Sorgo forrajero Yuca Trigo	Café o cafeto Cacao Mango	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	Lavaderos de oro	
Cusco	Papa Maíz amiláceo haba Cebada grano Trigo Yuca Maíz amarillo duro	Cafe o cafeto Cacao Coca Achiote Té	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	Oro, plata, cobre, plomo, zinc, antimonio, manganeso, estaño	
Huancavelica	Papa Maíz amiláceo Cebada grano Trigo Haba Arveja (alverjón)	Café o cafeto Palto Melocotonero-durazno Naranjo Limón ácido (sutil)	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	La minería es la actividad más importante. Yacimientos de oro, plata, cobre y mercurio	A pesar de su importante potencial hidrobiológico, existe solo una pesca artesanal
Huánuco	Papa Maíz amiláceo Maíz amarillo duro Plátano o guineo Yuca Trigo Arroz	Coca Cacao Café o cafeto Naranjo Té	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	Minerales metálicos: zinc, plomo, plata. Minerales no metálicos: arena, arcilla, hormigón, talco, piedra caliza y dolomita. Importante reserva de petróleo y de carbón antracítico y hulla	Centro de reproducción de truchas
Ica	Algodón Maíz amarillo duro Espárrago Pallar Papa Tomate Maíz amiláceo	Vid (uva) Naranjo Mango Pecana Olivo Algarrobo	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	Yacimientos de hierro, fundición de estaño	
Junín	Papa Maíz amiláceo Plátano o guineo Cebada grano Yuca Haba Trigo	Café o cafeto Naranjo Cacao Palto Tangerina	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	Complejo minero-metalúrgico de La Oroya. Fundiciones de cobre, plomo, zinc y plata	

Continúa

Continuación

La Libertad	Caña de azúcar para azúcar Papa Maíz amarillo duro Maíz amiláceo Arroz Cebada grano Espárrago	Vid (uva) Coca Palto Olivo Naranjo	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	Reservas de minerales metálicos: oro, cobre, plomo, zinc, plata, tungsteno y cadmio. Reservas de minerales no metálicos: carbón, sal, caolín	
Lambayeque	Caña de azúcar para azúcar Maíz amarillo duro Arroz Frijol castilla Frijol Frijol chileno Maíz amiláceo	Limón ácido (sutil) Café o cafeto Mango Maracuyá Naranjo	Vacuno Ovino Porcino Caprino	Extracción de minerales no metálicos: sal, yeso, piedra caliza, mármol, tungsteno, cobre, tantalio, baritina	
Lima	Algodón Maíz amarillo duro Papa Caña de azúcar para azúcar Camote	Manzano Vid (uva) Melocotonero-durazno Naranjo Mandarina Palto	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	Extracción de plomo, zinc, cobre, plata	Es una de las principales actividades, localizada sobre todo en el puerto del Callao
Loreto	Yuca Plátano o guineo Maíz amarillo duro Arroz Caña de azúcar para alcohol Piña	Palmera aceitera Pijuayo Humari Limón ácido (sutil) Cacao Palmito o chonta	Vacuno Ovino Porcino Caprino	Explotación de minerales no metálicos: arena, calizas, sales. Extracción de oro en lavaderos artesanales	Actividad de carácter artesanal. Especies más comercializadas: doncella, boquichico, palometa, paiche, zúngaro
Madre de Dios	Arroz Plátano o guineo Maíz amarillo duro Yuca Uncuncha	Jebe o shiringa Cacao Pijuayo Café o cafeto Naranjo	Vacuno Ovino Porcino Caprino	Explotación aurífera	Actividad de carácter artesanal. Existen numerosas especies aptas para el consumo humano
Moquegua	Maíz amiláceo Papa Haba Cebada grano Trigo	Olivo Palto Vid (uva) Chirimoya	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	Reservas de boratos de sodio y cal cio (bórax), sal gema purísima, de sílice, mármol, ónix. Minerales metálicos: Cobre	
Pasco	Papa Yuca Plátano guineo Maíz amiláceo Maíz amarillo duro Arroz Ají	Café o cafeto Achiote Cacao Palto Naranjo	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco	Depósito uranífero, mina de bismuto, fluorita, plomo, zinc, cobre, plata , tungsteno, plata y otros metales finos. Minerales no metálicos: manganeso, molibdeno, selenio y arsénico	
Piura	Maíz amarillo duro Plátano o guineo Arroz Algodón Yuca Caña de azúcar para alcohol Maíz amiláceo	Limón ácido (sutil) Mango Café o cafeto Cocotero	Vacuno Ovino Porcino Caprino	Yacimientos de fosfatos. Minas de bentonita	El litoral piurano es muy propicio para la pesca como actividad económica a gran escala
Puno	Papa Cebada grano Quinua Avena grano Haba Avena forrajera Cañahua o cañihua	Café o cafeto Coca Naranjo	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano: alpaca, llama, guanaco		La riqueza ictiológica radica en la existencia de numerosas especies aptas para el consumo humano
San Martín	Maíz amarillo duro Plátano o guineo Arroz Yuca Algodón Frijol Caña de azúcar	Café o cafeto Palmera aceitera Cacao Coca	Vacuno Ovino Porcino Caprino	Minería no metálica: yacimientos de sal gema, canteras de piedra caliza	
Tacna	Maíz amiláceo Maíz chala Papa Orégano Ají Trigo Maíz amarillo duro	Olivo Vid (uva) Peral Melocotonero-durazno	Vacuno Ovino Porcino Caprino Camélido sudamericano : alpaca, llama, guanaco	Extracción de cobre, plata y molibdeno	
Tumbes	Plátano o guineo Arroz Frijol castilla Maíz amarillo duro Soya Frijol	Limón ácido (sutil) Mango Ciruela Cacao	Vacuno Ovino Porcino Caprino	Minerales no metálicos: carbón, bentonita, sal, yeso y alumbre; pero no representan volúmenes considerables	La estructura económica del departamento se sustenta básicamente en actividades extractivas como la la pesca
Ucayali	Plátano o guineo Yuca Maíz amarillo duro Arroz Piña Frijol	Coca Palmera aceitera Café o cafeto Cacao	Vacuno Ovino Porcino Caprino	Minería metálica: extracción de oro. Minería no metálica: extracción de ripio, arena, piedras de canteras, arcillas	La rica red hidrográfica gran potencial pesquero: gamitana, paco, boquichico, llambina, dorado, palometa, doncella, maparate, bagre

ANEXO 4

Normas de la zonificación industrial (**)									
		Normas para habilitación y subdivisión		Normas para edificación					
Tipo de zonificación industrial	Denominación	Área de lote mínimo-porcentaje de usos en casos de habilitación	Frente recomendable del lote para habilitac.	Estacionamiento recomendable 1 esp./cada (1)	Coeficiente de edificación	Altura máxima	Área libre mínima	Retiros Frontal	Retiros Lateral y posterior
I1	Industria elemental y complementaria	300m²	10	(1)	1,5	La que resulte del proyecto arquitectónico y/o aplicación de reglamentos especiales	La resultante de las sumas de las áreas libres por concepto de retiros y estacionamientos	(5)	- -
I2	Industria liviana	1.000 lote mínimo predominante 80% max.	20	Se recomienda un espacio por c/6 personas ocupadas en el turno principal	6)			El que señale el plan vial metropolitano en cuanto a diseño de vías. El necesario para resolver la salida de vehículos	(4)
		Menos de 1.000 a 300m² (I1) 20% max del área neta por habilitarse	10		(6)				- -
I3	Gran industria	2.500 lote mínimo predominante 70%	30		(6)				(3) (4)
		Entre 2.500 a 1.000 m² (I2) 20% max del área neta por habilitarse	20						(3) (4)
		Menos de 1.000 a 300m² (I1) 40% del área neta por habilitarse	10		(6)				- -
I4	Industria pesada básica	(2)	(2)		(6)				(3) (4)

Nota
(1) De acuerdo con el D.S. 107-72-IV del 13-10-72 los estacionamientos están incluidos en las secciones de vías
(2) De acuerdo con el tipo de industria
(3) Para seguridad del propio establecimiento
(4) Por lo dispuesto en el R.N.C.
(5) Las puertas de ingreso para vehículos estarán a una distancia no menor de 3 m de la línea de propiedad
(6) La resultante del proyecto

(*) Capeco, 1992.
(**) Los establecimientos industriales que se encuentren funcionando con las autorizaciones pertinentes (registro industrial, licencia de construcción, de funcionamiento, etc.), en uso no conforme podrán continuar en funcionamiento, ampliarse o repararse previo informe y con las limitaciones que señale la comisión interministerial a la que se refiere el D.S. 048-71-10-DS del 11-2-71.

Cuadro por niveles operacionales para fines industriales*

Parámetros determinantes	Zonas residenciales (1) R1S, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R8 I1-R(3)		Zonas comerciales (2) C1 – C2	C3 – C5	C7, C9, CE	Clin - CI	Zonas industriales I1 / I2 - - I3 / I4
Fuerza motriz y personal ocupado	**2HP hasta 4 personas**	**5HP 10 personas**	**2HP 4 person.**	**5HP 15 person.**	**20HP 30 person.**	**50HP 50 person.**	Lo que requiera la actividad industrial compatible
Horario y turnos de trabajo	**de 8 a 18 horas**	**de 6 a 22 horas excepto panaderías**					
Movimiento de vehículos relacionados con la industria	En horas de trabajo y restringido a usar como estacionamiento solo el frente de lote en las zonas C7 y C9 el movimiento de vehículos de uso industrial será prohibido entre las 7 y 20 horas						
Almacenamiento (materias primas, productos elaborados, combustibles, desperdicio y otros)	Restringido a las necesidades inmediatas de la industria y dentro del local industrial o área de uso industrial; está terminantemente prohibido el almacenamiento de materiales de autocombustión o altamente inflamables						Lo que requiera la actividad industrial compatible. El almacenamiento de materiales inflamables o explosivos se efectuará en locales cerrados, debidamente aislados y acondicionados, se necesita contar con un sistema protector contra incendios
Ruidos molestos	Hasta 50 decibeles		Hasta 60 decibeles				hasta 90 decibeles
	No se aceptarán establecimientos que emitan ruidos perceptibles fuera de la unidad de vivienda, en todos los casos, de sobrepasar los niveles establecidos, la empresa deberá tomar las previsiones necesarias. Estos niveles serán medidos en el interior del local. El control estará a cargo de los ministerios de Salud e Industria (MICTI)						
Vibraciones	No es permitido en estas zonas el uso de maquinarias o instrumentos de trabajo que produzcan vibraciones que puedan ser detectados fuera del local del trabajo		En ningún caso los niveles de vibraciones deben alcanzar valores de 2.000 a 3.000 golpes por minuto ni frecuencias de 40 a 125 ciclos por segundo, para vibraciones con amplitud de onda mayores de 100 micrones que se estiman perjudiciales para el ser humano				
			Las maquinarias que produzcan vibraciones serán debidamente instaladas sobre apoyos que las absorban.		Toda actividad industrial que produzca vibraciones, humos y partículas de materias, olores, gases e intenso resplandor o calor será debidamente aislada de acuerdo con las normas que se dicten por los ministerios de Salud e Industria a fin de no afectar las propiedades vecinas.		
Humos, polvos, fumes, nieblas, olores molestos y gases tóxicos	No se permiten aquellos que sean detectados fuera del establecimiento industrial y que produzcan molestias al vecindario. En el interior del local los niveles permisibles serán determinados de acuerdo con las normas elaboradas por los ministerios de Salud e Industria				En los lotes industriales cercanos a zonas residenciales se deberán tomar las medidas necesarias en las instalaciones de maquinarias a fin de no perjudicar el desarrollo de las actividades residenciales		
Intensidad de luz y calor	No se permitirán industrias que produzcan resplandor o calor, en grado tal que atenten contra las propiedades vecinas; o aquellas que produzcan ionizantes						

* Capeco, 1992.
NOTA:
(1) En zonas residenciales
En las unidades de vivienda se permitirá la actividad industrial compatible siempre que predomine el área construida del uso residencial
En los edificios mutifamiliares y en los conjuntos residenciales que se ubiquen en las zonas R1-S, R2, R3 y R4 las compatibilidades con la actividad industrial serán las mismas que las establecidas para las zonas residenciales de alta densidad (R5, R6, R8)
(2) En zonas comerciales
En el caso de edificaciones de uso mixto comercio-vivienda, las actividades industriales compatibles se regirán independientemente por los niveles establecidos para cada una de estas zonas.
(3) En las zonas de vivienda taller (I1-R) los estándares de fuerza motriz y personal ocupado están referidos al lote normativo respectivo, pudiendo establecer la proporcionalidad con este siempre que no supere los 20HP y 40 personas ocupadas. Este criterio no será aplicable para las otras zonas residenciales y zonas comerciales

Uso, definiciones, zonas, denominación de zonas*

Para los efectos de este reglamento nacional podrán establecerse, en los planos y reglamentos de zonificación, las siguientes zonas:

I - III - 1	Zona industrial pesada básica	14
I - III - 2	Zona gran industria	13
I - III - 3	Zona industrial liviana	12
I - III - 4	Zona industrial elemental y complementaria	11
I - III - 5	Zona vivienda taller	I1R
I - III - 6	Zona comercio industrial (Cin)	
	Zona comercio especializado (CE)	
I - III -	Zona comercio intensivo (CI)	
I - III - 8	Zona centro comercial metropolitano (CCM)	C9
	Zona centro comercial central (CCC)	C8
I - III - 9	Zona comercio interdistrital (CI)	C7
I - III - 10	Zona comercial zonal (CZ)	C6
I - III - 11	Zona comercio distrital (CD)	C5
I - III - 12	Zona comercio sectorial (CS)	C3
I - III - 13	Zona comercio vecinal (CV)	C2
I - III - 14	Zona comercio local (CL)	C1
I - III - 15	Zona residencial de alta densidad R5-R6-R7-R8	
I - III - 16	Zona residencial de media densidad R3-R4-unifamiliar R4-bifamiliar	
I - III - 17	Zona residencial de baja densidad R2-R1-R1-S	
I - III - 18	Zona preurbana (PU)	
I - III - 19	Zona recreacional (ZR)	
I - III - 20	Usos especiales (OU)	
I - III - 21	Zona para servicios públicos complementarios (SP)	
I - III - 22	Zona reglamentaria especial (ZRE)	
I - III - 23	Zona monumental (ZM)	
I - III - 24	Agrícola (A)	
I - III - 25	Estacionamiento	

* Capeco, 1992: Capítulo III.

I-III-1 Zona industrial pesada básica (14)

I-III-1.1 Definición

Es la zona destinada para establecimientos industriales que producen insumos para las industrias de apoyo y otras industrias. Sus características son:

- Industrias de proceso básico en gran escala
- De gran dimensión económica
- Orientadas hacia la infraestructura regional y grandes mercados
- Son molestas y peligrosas (producen ruidos o vibraciones o generan humos, vapores, gases, malos olores, etc. También aquellas industrias que usan materiales altamente inflamables o detonantes).

I-III-1.2 Área de lote

Los asentamientos industriales en la Zona 14, debido a sus características, requieren de grandes extensiones, que varían de acuerdo con las industrias básicas por localizarse. El área de lote para fines de habilitación será fijado en cada caso, a criterio del organismo de control y en función de las necesidades de la industria que se va a establecer.

El área mínima de lote, para fines de subdivisión, será el que determine el plan regulador o el estudio de zonificación.

I-III-1.3 Coeficiente de edificación

El coeficiente de edificación depende de las necesidades de la industria por establecerse, y en todo caso será señalado por el plan regulador o estudio de zonificación.

I-III-1.4 Área libre mínima

El área libre mínima dentro del lote está constituida por todas las áreas no cubiertas, incluyéndose los retiros frontal, laterales y posterior.

I-III-1.5 Retiros

El retiro frontal en la vía pública, entre la línea de propiedad y la vereda, es obligatorio para permitir la entrada y salida de vehículos desde las fábricas y las maniobras de los vehículos de gran tonelaje. El retiro frontal es de 10 metros.

Los retiros laterales y posteriores serán exigidos, si fuera necesario, en función del tipo de proceso industrial y disposición del equipamiento industrial en la planta con el fin de evitar molestias o posibles peligros de incendio o explosiones.

I-III-1.6 Altura de la edificación

La altura de la edificación será determinada de acuerdo con el sistema de niveles establecidos en el Código de Seguridad Industrial.

I-III-1.7 Establecimiento

Toda industria deberá tener un área de establecimiento dentro del lote, con un espacio de estacionamiento que satisfaga las necesidades de su propio personal y de las actividades de la misma industria; deberá contar además con un patio de maniobras con las dimensiones y radios de volteo apropiados al tipo de vehículos que se utilicen.

I-III-2 Zonas de gran industria (13)

I-III-2.1 Definición

Zonas destinadas para establecimientos industriales que tienen las características siguientes:

- Conforman concentraciones industriales, con utilización de gran volumen de materia prima
- Orientación hacia la infraestructura vial regional (carreteras, ferrocarriles)
- Producción de gran escala
- Las áreas periféricas satisfacen mejor sus necesidades
  Las economías externas, su complementariedad y relaciones interindustriales favorecen su concentración.
- Son molestas y/o con cierto grado de peligrosidad

I-III-2.2 Otros usos

Los usos que también serán permitidos en la zona, y que al ser opcionales impiden reclamos posteriores de los propietarios por cuanto la calificación de la Zona 13 es la prioritaria, son los siguientes:

- Industria liviana (12)
- Industria elemental y complementaria (11)
- Servicios públicos complementarios (SP) especializados para la zona: educación, salud, recreación, etc.
- Comercio industrial (CIn): se entiende que el comercio permitido es el de la producción de las propias industrias y el de implementos para ser utilizados por estas.

I-III-2.3 Área del lote

El lote mínimo predominante es el de 2.500 m^2 de área con frente mínimo de 30 metros.

Podrán localizarse lotes de 1.000 m^2 y de 300 m^2 de área. Los porcentajes mínimos del área neta por habilitarse serán determinados por el plan regulador.

La zona deberá planificarse por subzonas (de 2.500 m^2, 1.000 m^2 y 300 m^2).

I-III-2.4 Coeficientes de edificación

El coeficiente de edificación depende de las necesidades de la industria por establecerse. En todo caso será señalado por el plan regulador o estudio de zonificación.

I-III-2.5 Área libre mínima

El área libre mínima será la que señale el plan regulador o estudio de zonificación y estará constituida por todas las áreas no cubiertas, incluyéndose los retiros.

I-III-2.6 Retiros

El retiro frontal en la vía pública, entre la línea de propiedad y la vereda, es obligatorio para permitir el ingreso y salida de vehículos desde las fábricas y las maniobras de vehículos de gran tonelaje.

Los retiros laterales y posteriores serán exigidos, si fuera necesario, en función del tipo de proceso industrial y disposiciones de equipamiento industrial en la planta con el fin de evitar molestias o posibles peligros de incendio.

I-III-2.7 Altura de edificación

Se determinará en función al sistema de niveles establecido en el Código de Seguridad Industrial.

I-III-2.8 Estacionamiento

Dentro del lote deberá proveerse de un área de estacionamiento que satisfaga las necesidades de su propio personal de las actividades de la misma industria; deberá contar además con un patio de maniobras con las dimensiones y radios de volteo apropiados al tipo de vehículos que se utilicen.

I-III-3 Zona industrial liviana (I2)

I-III-3.1 Definición

Zona destinada para establecimientos industriales que tienen las características siguientes:

- Orientación al área de mercado local y a la infraestructura
- Posee contacto con el área central
- Venta al por mayor
- Dimensión económica media
- No son molestos ni peligrosos

I-III-3.2 Área de lote

El lote mínimo predominante es el de 1.000 m^2, con frente mínimo de 20 metros.

Podrá localizarse lotes de 300 m2 de área y el frente mínimo de 10 metros. El porcentaje mínimo del área neta por habilitarse será determinado por el plan regulador o estudio de zonificación.

La zona deberá planificarse por subzonas (de 1.000 m^2 y 300 m^2).

I-III-3.3 Coeficiente de edificación

El coeficiente de edificación depende de las necesidades de la industria por establecerse. En todo caso será señalado por el plan regulador o estudio de zonificación.

I-III-3.4 Área mínima

El área libre mínima será la señalada en el plan regulador o estudio de zonificación y está constituida por todas las áreas no cubiertas, incluyéndose los retiros.

I-III-3.5 Retiros

El retiro frontal entre la línea de propiedad y la vereda es obligatorio para permitir el ingreso y salida de vehículos desde las fábricas y las maniobras de vehículos de gran tonelaje.

Los retiros laterales y posteriores serán exigidos, si fuera necesario, en función del tipo de proceso industrial y disposición del equipamiento industrial en la planta con el fin de evitar molestias o posibles peligros de incendio.

I-III-3.6 Altura de la edificación

Se determinará en función del sistema de niveles establecidos en el Código de Seguridad Industrial.

I-III-3.7 Estacionamiento

Dentro del lote deberá proveerse de un área de estacionamiento que satisfaga las necesidades de su propio personal y de las actividades de la misma industria, deberá contar con un patio de maniobras, cuando sea necesario.

I-III-4 Zona industrial elemental y complementaria(11)

I-III-4.1 Definición

Es la zona destinada para establecimientos industriales complementarios o de apoyo a la industria de mayor escala.

Sus características son:

- Grado tecnológico medio
- Producción en serie y dirigida al comercio mayorista
- Capital de operación reducido
- Tenencia aglomerante en el área urbana
- No es molesta ni peligrosa

I-III-4.2 Área del lote

El área mínima del lote permitido es 300 m_2.

I-III-4.3 Coeficiente de edificación

El coeficiente de edificación será el que señale el plan regulador o estudio de zonificación.

I-III-4.4 Área libre mínima

El área libre mínima será la señalada en el plan regulador o estudio de zonificación.

I-III-4.5 Retiros

El retiro frontal será el que señala el plan regulador o estudio de zonificación. Los retiros laterales y posteriores serán exigidos, si fuera necesario, en función del tipo de proceso industrial y disposición del equipamiento industrial en la planta con el fin de evitar molestias o posibles peligros de incendio.

I-III-4.6 Altura de la edificación

La altura de la edificación será determinada de acuerdo con el sistema de niveles establecido en el Código de Seguridad Industrial.

I-III-4.7 Estacionamiento

Toda industria deberá tener un área de estacionamiento dentro del lote, con un espacio de estacionamiento que satisfaga las necesidades de su propio personal y de las actividades de la misma industria, deberá contar, además, con un patio de maniobras, cuando sea necesario.

I-III-5 Zona vivienda taller

I-III-5.1 Definición

Es la zona destinada a vivienda compatible con industria elemental y complementaria.

I-III-5.2 Área del lote, coeficiente de identificación, área libre mínima, retiros, altura de edificación, estacionamiento

Serán los que señale el plan regulador o el estudio de zonificación.

ANEXO 5

Tabla de iluminancias para ambientes en el interior

Ambientes	Iluminancia en servicio (lux)	Calidad
Áreas generales en edificios		
Pasillos, corredores	100	D – E
Baños	100	C – D
Almacenes en tiendas	100	D – E
Escaleras	150	C – D
Líneas de ensamblaje		
Trabajo pesado (ensamble de maquinarias)	300	C – D
Trabajo normal (industria liviana)	500	B – C
Trabajo fino (ensambles electrónicos)	750	A – B
Trabajo muy fino (ensamble de instrumentos)	1500	A – B
Industrias químicas y plásticos		
En procesos automáticos	150	D – E
Plantas en el interior	300	C – D
Salas de laboratorios	500	C – D
Industria farmacéutica	500	C – D
Industrias del caucho	500	C – D
Inspección	750	A – B
Control de colores	1.000	A – B
Fábricas de vestimenta		
Planchado	500	A – B
Costura	750	A – B
Inspección	1.000	A – B
Industrias eléctricas		
Fabricación de cables	300	B – C
Bobinados	500	A – B
Ensamblaje de partes pequeñas	1.000	A – B
Pruebas y ajustes	1.000	A – B
Ensamble de elementos electrónicos	1.500	A – B
Industrias alimentarias		
Procesos automáticos	200	D – E
Áreas de trabajo general	300	C – D
Inspección	500	A – B
Trabajos en vidrio y cerámica		
Salas de almacén	150	D – E
Áreas de mezclado y moldeo	300	C – D
Áreas de acabados manuales	300	B – C
Áreas de acabados mecánicos	500	B – C
Revisión gruesa	750	A – B
Revisión fina – Retoques	1.000	A – B
Trabajos en hierro y acero		
Plantas automáticas	50	D – E
Plantas semiautomáticas	200	D – E
Zonas de trabajo manual	300	D – E
Inspección y control	500	A – B

Tabla de iluminancias para ambientes en el interior

Ambientes	Iluminancia en servicio (lux)	Calidad
Industrias de cuero Áreas de trabajo en general Prensado, curtiembre, costura Producción de calzados Control de calidad	300 750 1000	B – C A – B A - B
Trabajos de maquinado (forjado - torno) Forjado de pequeñas piezas Maquinado en tornillo de banco Maquinado simple en torno Maquinado fino en torno e inspección de pequeñas partes	200 400 750 1500	D – E B – C A – B A – B
Talleres de pintado Preparación de superficies Pintado general Pintado fino, acabados, control	500 750 1000	C – D B – C A – B
Fábricas de papel Procesos automáticos Elaboración semiautomática Inspección	200 300 500	D – E C – D A – B
Imprentas – impresión de libros Salas de impresión a máquina Encuadernado Composición, edición, etcétera Retoques Reproducciones e impresiones en color Grabados en acero y cobre	500 500 750 1000 1500 2000	C – D A – B A – B A – B A – B A – B
Industrias textiles Área de desembalaje Diseño Hilados, cardados, teñidos Hilados finos, entrelazados Cosido, inspección	200 300 500 750 1000	D – E D – E C – D A – B A – B
Industrias en madera Aserradero Ensamble en tornillo de banco Trabajo con máquinas Acabados Inspección control calidad	200 300 500 750 1000	D – E C – D B – C A – B A – B
Oficinas Archivos Salas de conferencia Oficinas generales y salas de cómputo Oficinas con trabajo intenso Salas de diseño	200 300 500 750 1000	C – D A – B A – B A – B A – B
Centros de enseñanza Salas de lectura Salones de clase, laboratorios, talleres, gimnasios	300 500	A – B A – B

Tabla de iluminancias para ambientes en el interior

Ambientes	Iluminancia en servicio (lux)	Calidad
Tiendas		
Tiendas convencionales	300	B – C
Tiendas de autoservicio	500	B – C
Tiendas de exhibición	750	B – C
Edificios públicos		
Salas de cine	150	B – C
Salas de conciertos y teatros	200	B – C
Museos y galerías de arte	300	B – C
Iglesias		B – C
– nave central	100	B – C
– altar y púlpito	300	
Viviendas		
Dormitorios		
– general	50	B – C
– cabecera de cama	200	B – C
Baños		
– general	100	B – C
– área de espejo	500	B – C
Salas		
– general	100	B – C
– área de lectura	500	B – C
Salas de estar	100	B – C
Cocinas		
– general	300	B – C
– áreas de trabajo	500	B – C
Área de trabajo doméstico	300	B – C
Dormitorio de niños	100	B – C
Hoteles y restaurantes		
Comedores	200	B – C
Habitaciones y baños		
– general	100	B – C
– local	300	B – C
Áreas de recepción, salas de conferencia	300	B – C
Cocinas	500	B – C
Subestaciones eléctricas en el interior		
Alumbrado general	200	B – C
Alumbrado local	500	A – B
Alumbrado de emergencia	50	B – C

Tabla de iluminancias para ambientes en el interior

Ambientes	Iluminancia en servicio (lux)	Calidad
Hospitales – Centros médicos		
Corredores o pasillos		
– durante la noche	50	A – B
– durante el día	200	A – B
Salas de pacientes		
– circulación nocturna	1	A – B
– observación nocturna	5	A – B
– alumbrado general	150	A – B
– exámenes en cama	300	A – B
Salas de exámenes		
– alumbrado general	500	A – B
– iluminación local	1000	A – B
Salas de cuidados intensivos		
– cabecera de cama	50	A – B
– observación local	750	A – B
Sala de enfermeras	300	A – B
Salas de operaciones		
– sala de preparación	500	A – B
– alumbrado general	1.000	A – B
– mesa de operaciones	100.000	A – B
Salas de autopsias		
– alumbrado general	750	A – B
– alumbrado local	5.000	A – B
Laboratorios y farmacias		
– alumbrado general	750	A – B
– alumbrado local	1.000	A – B
Consultorios		
– alumbrado general	500	A – B
– alumbrado local	750	A – B

ANEXO 6

Cuadro de elementos tóxicos

Nombre	Características	Exposición	Algunas consecuencias
Asbesto	Mineral fibroso conformado por fibras largas y delgadas, flexibles, fácilmente separables, aislantes del calor, la electricidad y el sonido; de alta resistencia al calor y al fuego. Se usa en la fabricación de planchas onduladas, planas, para techos y aislamiento sonoro asbesto-cemento o fibrocemento (19-15% de asbesto) y del fuego, en revestimientos exteriores e interiores. También para tanques, depósito de agua, trenzado y para aislar tuberías. Para baldosas en pisos y en exteriores, mezclado en pinturas.	Todos estamos expuestos a pequeñas cantidades de asbesto en el aire que respiramos. Estos niveles varían entre 0.00001 y 0.0001 fibras por mililitro de aire.	El asbesto afecta principalmente los pulmones y la membrana que envuelve los pulmones y la pleura. Respirar altos niveles de fibras de asbesto por largo tiempo puede producir lesiones que parecen cicatrices en el pulmón y en la pleura.
Benceno	Es un compuesto orgánico que se halla en el petróleo de forma natural; es un líquido incoloro de aroma dulce. Se evapora al aire rápidamente y es poco soluble en agua. Es sumamente inflamable y se forma tanto de procesos naturales como de actividades humanas.	La EPA (por sus siglas en inglés, Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos) ha establecido un límite permisible máximo en agua potable de 0.005 miligramos por litro de agua (0.005 mg/l) y requiere que se le notifique en casos de derrames o de liberación al medio ambiente de 4,54 kg o más de benceno. La OSHA (por sus siglas en inglés, Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos) establece un límite de exposición en el aire del lugar de trabajo de 1 parte por un millón (1 ppm) en una jornada de 8 horas (40 horas semanales). En el Perú, el INSO7 (Instituto de Salud Ocupacional D.S. 00258-75-SA, norma técnica del Perú) indica como concentración en promedio ponderado para jornadas de 8 horas el valor de 10 ppm.	Respirar niveles de benceno muy altos puede causar la muerte, mientras que niveles altos pueden causar somnolencia, mareo, aceleración de los latidos del corazón, dolores de cabeza, temblores, confusión y pérdida del conocimiento. Comer o tomar altos niveles de benceno puede causar vómitos o irritación del estómago, mareo, somnolencia o convulsiones; acelerados latidos cardíacos y la muerte. Produce efectos nocivos en la médula de los huesos y puede causar una disminución en el número de glóbulos rojos, lo que provoca anemia. También puede producir hemorragias y daño al sistema inmunológico, aumentando las posibilidades de contraer infecciones.
Arsénico	Es un elemento tóxico que aparece en la naturaleza principalmente en la forma de sulfitos asociados con el plomo, cobre, níquel y otros minerales metálicos. Se emplea en la fabricación de vidrio y preservante de madera (compuestos inorgánicos de arsénico).	La EPA ha establecido un límite de 0.05 partes por millón (ppm) para arsénico en agua potable. La OSHA ha establecido límites de 10 μg/m³ en el trabajo durante jornadas de 8 horas diarias (40 horas a la semana). La Organización Mundial de la Salud (OMS), el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (HHS, por sus siglas en inglés) y la EPA han determinado que el arsénico inorgánico es carcinógeno en seres humanos.	Respirar niveles altos de arsénico inorgánico puede causar dolor de garganta o irritar los pulmones. Ingerir niveles altos de arsénico orgánico puede causar la muerte. Niveles de arsénico más bajos pueden causar náusea y vómitos, reducción de la producción de glóbulos rojos y blancos, ritmo cardíaco anormal, daño de los vasos sanguíneos y una sensación de hormigueo en las manos y los pies. Ingerir o respirar niveles bajos de arsénico por largo tiempo puede producir oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en las palmas de las manos, las plantas de los pies y el torso.
Mercurio	Es un metal tóxico que se utiliza para producir lámparas de vapor, tubos fluorescentes, termómetros y productos eléctricos.	La EPA ha establecido un límite de 2 partes de mercurio por mil millones partes de agua potable (2 ppmm). La Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) ha establecido un nivel permisible máximo de 1 parte de metilmercurio por cada millón de partes de mariscos (1 ppm). La OSHA ha establecido límites de 0.1 miligramos de mercurio orgánico por metro cúbico de aire (0.1 mg/m³) en el aire del trabajo y 0.05 mg/m³ para vapor de mercurio metálico en jornadas de 8 horas diarias y 40 horas semanales.	En intoxicaciones crónicas y a dosis bajas produce debilidad, pérdida de peso, diarrea, inflamación de encías, fatiga, sabor metálico, insomnio, indigestión, etc. En intoxicaciones crónicas y a dosis altas produce: irritabilidad, alucinaciones, llanto, excitabilidad, depresiones, tristeza, psicosis, crisis. En casos de exposición a altas dosis en forma oral, colapsa el aparato digestivo, siendo mortal en horas. También causa dermatitis de contacto, alteraciones respiratorias, alteraciones neurológicas, alteraciones digestivas, hepáticas y renales. Estas formas de mercurio: monometilmercurio y dimetilmercurio son altamente tóxicos, causando desórdenes neurotoxicológicos.

Continúa

Cuadro de elementos tóxicos

Nombre	Características	Exposición	Algunas consecuencias
Cromo		La EPA ha establecido un límite de 100 μg de cromo III y cromo VI por litro de agua potable. La OSHA ha establecido límites de 500 μg de compuestos de cromo (III) solubles por metro cúbico de aire 500 $\mu g/m^3$ en el área de trabajo, 1.000 $\mu g/m^3$ de cromo metálico 0, y 52 $\mu g/m^3$ de compuestos de cromo VI durante jornadas de 8 horas diarias 40 horas a la semana.	El cromo III es un elemento nutritivo esencial que ayuda al cuerpo a utilizar azúcar, proteínas y grasa. Respirar niveles altos de cromo VI puede causar irritación de la nariz, hemorragias nasales, úlceras y perforaciones en el tabique nasal. Ingerir grandes cantidades de cromo VI puede producir malestar estomacal, úlceras, convulsiones, daño del hígado y el riñón, y puede causar la muerte. El contacto de la piel con ciertos compuestos de cromo VI puede causar ulceración de la piel. Algunas personas son extremadamente sensibles al cromo VI o al cromo III. Se han descrito reacciones alérgicas consistentes en enrojecimiento e hinchazón grave de la piel.
Acetileno	Gas incoloro, inflamable, con un olor parecido al ajo, el acetileno representa un peligro grave porque se enciende fácilmente por calor, chispas o llamas, cuando hay un escape accidental, ya que es más liviano que el aire y puede propagarse a largas distancias. Es utilizado para soldar o cortar piezas de metal.		Asfixiante simple. En bajas concentraciones tiene un efecto anestésico. Al desplazar el oxígeno del aire se pueden presentar mareos, dolor de cabeza, ruido en los oídos, sueño, pérdida del conocimiento, depresión en todos los sentidos. La falta de suficiente oxígeno (atmósferas por debajo del 10%) puede causar movimientos convulsivos, colapso respiratorio y muerte.
Plomo	El plomo se utiliza principalmente en la fabricación de baterías, plásticos, vajillas, vidrio cerámico y productos de pintura. Se trata del metal tóxico de uso más generalizado en la Tierra y es la segunda sustancia más peligrosa encontrada en los sitios incluidos en la lista nacional de prioridades, según la National Physical Laboratory (NPL). Los datos científicos vinculan la exposición al plomo con efectos perjudiciales para la salud.	La EPA requiere que, como promedio, en un periodo de 3 meses, la cantidad de plomo en el aire no sobrepase 1.5 microgramos por cada metro cúbico de aire (1.5 $\mu g/m^3$). La EPA limita la cantidad de plomo en agua potable a 15 μg/l.	Los efectos tóxicos del plomo son la encefalopatía saturnina (enfermedad cerebral) en los niños, la cual se manifiesta con letargo, vómito, irritabilidad, pérdida del apetito y mareos. En los adultos, el plomo produce presión arterial alta, y tiene efectos perjudiciales para la reproducción (disminución en el recuento y motilidad de los espermatozoides). Un síntoma clásico de la toxicidad del plomo son las líneas de Burton, que son coloraciones violeta-azulado en las encías. La medida primaria para el tratamiento de la toxicidad del plomo es a través de la terapia por quelación (tratamiento que utiliza la unión del plomo con otros metales para eliminarlo del cuerpo).
Triclo-roetileno	Es un líquido incoloro, no inflamable, no explosivo, de aroma más bien dulce y sabor dulce ardiente. Se usa como solvente para remover grasa de partes metálicas, aunque también es un ingrediente en adhesivos, líquidos para remover pintura y para corregir escritura a máquina y desmanchadores.	La EPA ha establecido un nivel de contaminación máximo en agua potable de 0.005 miligramos por litro (0.005 mg/L) o 5 partes de TCE por billón de partes de agua; también se requieren reglamentos para su manejo y disposición. La OSHA ha establecido un límite de exposición de 100 ppm en el trabajo durante una jornada de 8 horas diarias (40 horas semanales).	Al respirarse en pequeñas cantidades, puede producir dolores de cabeza, irritación al pulmón, mareo, falta de coordinación y dificultad para concentrarse. Respirar grandes cantidades puede alterar la función del corazón, causar pérdida del conocimiento y muerte. La inhalación por periodos largos puede dañar el sistema nervioso, los riñones y el hígado. Tomar grandes cantidades de TCE puede causar náusea, daño al hígado, pérdida del conocimiento, alteración en la función cardíaca o muerte.

Cuadro de elementos tóxicos

Nombre	Características	Exposición	Algunas consecuencias
Cloruro de metileno	Es un líquido incoloro de leve aroma dulce. Se conoce también como diclorometano. Se usa como solvente industrial y para remover pintura. También puede en-contrarse en algunos aerosoles y pesticidas y se usa en la manufactura de cintas fotográficas.	La EPA requiere que se le notifique sobre emisiones al medio ambiente de 1.000 libras o más de cloruro de metileno. La EPA recomienda que la exposición de niños a cloruro de metileno se limite a menos 10 miligramos por litro (10 mg/l) de agua potable durante 1 día o a menos de 2 mg/l en un periodo de 10 días. La FDA ha establecido límites para la cantidad de cloruro de metileno que puede permanecer en especias, extractos de lúpulos y café descafeinado después de ser procesados. La OSHA ha establecido límites de 25 partes de cloruro de metileno por millón de partes de aire en el trabajo (25 ppm) durante una jornada diaria de 8 horas (40 horas semanales).	Si se respira grandes cantidades de cloruro de metileno se puede sentir vacilante, mareado, y sentir náusea y un cosquilleo o adormecimiento de los dedos de las manos y los pies. Respirar menores cantidades puede causar pérdida de la atención y de precisión en tareas que requieren coordinación entre los ojos y las manos. El contacto de la piel con esta sustancia produce quemaduras y enrojecimiento de la piel.
Cloruro de vinilo (mvc)	El cloruro de vinilo es un gas inflamable incoloro a temperatura ambiente con un suave aroma dulce.Es un producto manufacturado que se usa para fabricar plásticos y resinas polivinílicas: Policloruro de vinilo (PVC).	La EPA requiere que el nivel de cloruro de vinilo en agua potable no sobrepase de 0.002 mg/L. Requiere que las industrias le informen cuando liberan al medio ambiente 454 grs o más de cloruro de vinilo. La OSHA establece 1 ppm como la concentración máxima permisible en el aire del trabajo durante una jornada de 8 horas diarias (40 horas semanales). El DHHS ha determinado que el cloruro de vinilo es un reconocido carcinógeno en seres humanos. En el Perú el Instituto Nacional de Salud Ocupacional (INSO) tiene como límites permisibles 500 ppm y 1300 mg/m3 en aire, los cuales no deben exceder en ningún momento de la jornada de 8 horas.	El respirar altos niveles de MVC por cortos periodos de tiempo puede causar vértigo, somnolencia e inconciencia, mientras que niveles altamente extremos pueden causar la muerte. La única vía de absorción importante es la respiratoria, a través de la cual el cloruro de vinilo se absorbe eficazmente. Su distribución en los tejidos es rápida, siendo los tejidos ricos en grasas, hígado y riñón en los cuales alcanza mayor concentración. La acción tóxica más característica es la carcinogéne-sis, específicamente el desarrollo de angiosarcomas hepáticos.
Cadmio	Se encuentra combinado con otros elementos como oxígeno (óxido), cloro (cloruro), azufre (sulfato, sulfuro). Se utiliza en pigmentos, recubrimientos (capas metálicas), y en estabilizantes (plásticos).	LL EPA ha fijado un límite de 5 porciones de cadmio por mil millones de porciones de agua potable (5 ppb). No permite cadmio en pesticidas. La FDA limita la cantidad de cadmio en colorantes a 15 porciones por millón (15 ppm). La OSHA limita el aire del lugar de trabajo a 100 microgramos de cadmio por metro cúbico (100 µg/m3) como humos del cadmio y 200 el µg cadmio/m 3 como polvo de cadmio. El DHHS ha determinado que el cadmio y los compuestos del cadmio pueden ser agentes carcinógenos.	Algunos síntomas de su toxicidad son molestias gastrointestinales, fatiga, dolor de cabeza, pobre metabolismo del calcio, cólicos, olvidos, dificultad para el habla y pérdida de memoria, convulsiones, vértigos, y pérdida del equilibrio. La respiración de altos niveles del cadmio daña seriamente los pulmones y puede causar la muerte. Comer alimentos o tomar agua potable con los niveles muy altos de cadmio irrita seriamente el estómago, provocando vómitos y diarreas. La exposición a largo plazo a niveles más bajos de cadmio en aire, alimentos o aguas conduce a una acumulación de cadmio en los riñones, produciendo proteinuria, disminución de la filtración urinaria y litiasis renal.

Cuadro de elementos tóxicos

Nombre	Características	Exposición	Algunas consecuencias
Tolueno	Es un líquido incoloro, móvil, de olor característico (agradable), poco soluble en agua, pero miscible en la mayoría de los disolventes orgánicos y en los aceites minerales, vegetales o animales. Excelente disolvente de grasas, ceras y resinas. Usos: disolvente (pinturas, barnices, pegamentos, tintas de impresión); síntesis orgánica (fabricación de explosivos, isocianatos y derivados benzoicos); industria de los perfumes y de los productos farmacéuticos; preparación de insecticidas; industria de carburantes.	OSHA ha fijado un límite de 100 ppm de tolueno en el lugar de trabajo, para 8 horas de trabajo (40 horas semanales).	Generalmente se producen por inhalación. Ocasiona efectos sobre el sistema nervioso central, puede generar un aumento de la sintomatología, desde estado de embriaguez, congestión facial y vómitos, confusión, depresión del sensorio hasta llegar al coma o la muerte por fallo respiratorio o cardíaco. Los casos leves suelen resolverse colocando al intoxicado al aire libre. En concentraciones muy altas y tiempos de exposición prolongados (mayores a una hora [ver límite de exposición]) puede tener carácter fulminante: el intoxicado sufre convulsiones y muere al cabo de minutos. Efectos sobre el sistema nervioso central; en exposiciones mayores a 8 horas por día, el operario puede referir astenia, debilidad, confusión, pérdida de memoria y de apetito; las lesiones pueden ser irreversibles, ocasionando problemas de dicción, audición o visión, pérdida del control muscular y deterioro de la habilidad mental. En el aparato digestivo provoca náuseas, pérdida del apetito, intolerancia digestiva con vómitos, aliento con un olor especial (semejante al vapor del tolueno). En el aparato renal puede alterar el funcionamiento de los riñones, pero generalmente al suspender la exposición retoman su actividad normal. En la piel, por su efecto desengrasante, puede ocasionar dermatitis.
Cemento	Es un polvo que se obtiene por trituración de escoria de una mezcla natural de arcilla y creta calcinada a altas temperaturas. Usos: en obras de construcción.	CMP: 10 mg/m3 (e), no debe contener asbesto y menos del 1% de sílice. OSHA: 10 mg/m3 (e), no debe contener asbesto y menos del 1% de sílice.	Por exposición aguda, en la piel produce dermatitis irritativa aguda, dermatitis cáustica, dermatitis eczematiforme aguda recidivante. En las vías respiratorias provoca Irritación. Si hay toxicidad crónica, en la piel produce dermatitis eczematiforme crónica. En las vías respiratorias produce bronquitis crónica, neumoconiosis benigna. En los ojos produce blefaritis crónica y conjuntivitis crónica.
Difenilos policlorados (pcb)	Físicamente, los PCB presentan desde aspecto aceitoso hasta resinas duras y transparentes o cristales blancos, dependiendo del grado de cloración de la molécula. Casi siempre se presentan como mezclas. Se usan como fluidos dieléctricos e hidráulicos, como modificadores de aceite (adelgazadores), como fluido de intercambio de calor y en bombas de vacío. También como impregnadores de resistencias de carbón y como selladores en agentes impregnantes en sistemas eléctricos.	La EPA ha establecido un nivel de contaminación máximo de 0.0005 mg/l (BPCs en agua potable). Los niveles permitidos según la FDA de Estados Unidos para el BPC (42%) y el BPC (54%) es de 1 mg/m3 y 0.5 mg/m3, respectivamente.	La absorción de BPC se puede producir a través del tracto gastrointestinal, la piel y la mucosa. El efecto más común observado en las personas expuestas a grandes cantidades es problemas en la piel, como acné o salpullido. Estudios realizados con trabajadores expuestos han observado alteraciones en sangre y orina, que pueden indicar daños en el hígado.

OSHA: Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (siglas en inglés) EE UU
EPA: Agencia para la Protección Ambiental (siglas en inglés) EE UU
DHHS: Departamento de Salud y Servicios Humanos (siglas en inglés) EE UU
FDA: Administración de Alimentos y Drogas (siglas en inglés) EE UU
OMS: Organización Panamericana de la Salud (siglas en inglés) EE UU
INSO: Instituto de Salud Ocupacional D.S.00258 – 75 – S.A. Norma técnica. Perú

Bibliografía

BUFFA, Elwood S.

1980-1981 *Dirección técnica y administración de operaciones*. Tomos I y II. México: Limusa.

1977 *Dirección de operaciones, problemas y modelos.* México: Limusa.

CALIMERI, Michele

1982 *Organización del almacén*. Barcelona: Hispano-Europea.

CÁMARA PERUANA DE LA CONSTRUCCIÓN (Capeco)

1992 *Reglamento Nacional de Construcciones.* Lima: Exigraf.

CANCIO, Rómulo; BETALLELUZ, Lincoln y Bertha DÍAZ

2000 "Determinación de la capacidad de producción de sistemas de manufactura". Instituto de Investigación Científica de la Universidad de Lima.

CARRANZA, Raymundo

2001 *Medio ambiente. Problemas y soluciones*. Lima: Universidad Nacional del Callao.

CASTAÑEDA SANTOS, Victoriano

1998 *Manual para la administración de almacenes*. Lima: Edigrapa.

CHASE, Richard B. y Nicholas J. AQUILANO

1994 *Dirección y administración de las operaciones*. Delaware: Addison Wesley.

DATES, D. "The effect of product design on product quality and product cost". Q*uality Progress* 6. Junio, 1984.

DE CUSA, Juan

1996 *Cómo interpretar un plano.* Barcelona: Grupo Editorial CEAC S.A.

DILEEP, R. Sule

2001 *Instalación de manufactura. Ubicación, planeación y diseño*. México: Thonson Learning.

DOMÍNGUEZ MACHUCA, José A.

1995 *Dirección de aplicaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill.

DRUCKER, Peter
2003 *El management del futuro*. Buenos Aires: Sudamericana.

2002 *La gerencia en la sociedad futura*. Bogotá: Norma.

EROSSA MARTÍN, Victoria Eugenia
1997 *Proyecto de inversión en ingeniería (su metodología).* México: Limusa/ Noriega.

FUNDACIÓN MAPFRE
1994 *Implicación ambiental de la incineración de residuos urbanos, hospitalarios e industriales*. Madrid: Mapfre.

1992 *Manual de seguridad en el trabajo.* Madrid: Mapfre.

GARCÍA CANTU, Alfonso
1995 *Almacenes. Planeación, organización y control.* 3.ª edición. México: Trillas.

HERNÁNDEZ CALLEJA, Ana
1995 "Calidad del aire interior. Riesgos microbiológicos en los sistemas de ventilación/climatización". *Montajes e Instalaciones*. Mayo.

HIDALGO BAHAMONTES, Ángel
1995 *Construcción de cimientos*. Barcelona: Grupo Editorial CEAC S.A.

INDECOPI
1995 *Sistemas de la calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en la producción, instalación y servicio posventa. Norma técnica peruana, NTP-ISO 9001, 1995.* Lima: Comisión de Supervisión de Normas Técnicas, Metrología, Control de Calidad y Restricciones.

ITESM CENTRO DE CALIDAD
1992 *Las 9S. 9 aspectos claves para un ambiente de calidad en el trabajo.* Monterrey.

JAUMANDREU PATXOT, J. et al.
1998 "Cómo optimizar un programa de mantenimiento". *Revista Ingeniería Química*. Octubre.

JURÁN, J. M.
1983 *Manual de control de la calidad.* Barcelona: Editorial Reverté, S.A.

KNIGHT, Foster
2006 "Gestión ambiental de la Empresa en el siglo XXI: Energía y gestión ambiental". *Calidad & Excelencia*. Lima.

KONZ, Stephan
1992 *Manual de distribución en plantas industriales. Diseño e instalación.* México: Limusa.

1990 *Diseño de sistemas de trabajo*. México: Limusa/ Noriega.

LaGREGA, Michael D.
1996 *Gestión de residuos tóxicos. Tratamiento, iluminación y recuperación de suelos.* Madrid: McGraw-Hill.

LOCKYER, Keith
1988 *La producción industrial, su administración.* México: Representaciones y Servicios.

MAKRIDAKIS, Spyros
1989 *Manual de técnicas de pronósticos*. México: Limusa.

MALAY ZWILICH, Morris Miguel
1990 "Redistribución en planta en una fábrica de empaquetaduras para motores de autos y camiones". Tomo II. Tesis para optar el título de ingeniero industrial. Lima: Universidad de Lima.

MEYERS, Fred E. y P. STEPHENS Matthew
2005 *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. México: Pearson Educación.

MICHEL, Pierre
1978 *Distribución de planta*. Bilbao: Ediciones Deusto.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO
2005 *Reglamento Nacional de Edificación*.

MITCHEL Pierre
1978 *Distribución de planta.* Ediciones Deusto.

MITCHEL *Distribución de plantas industriales*.

MONKS, Joseph G.
1991 *Administración de operaciones*. México: McGraw-Hill.

MORI, Claudia
2004 "La contabilidad ambiental: Herramienta de gestión". *Calidad & Excelencia.* Lima.

MUTHER, Richard
1970 *Distribución en planta. Ordenación racional de los elementos de producción industrial*. 2.ª edición. Barcelona: Hispano-Europea.

NORIEGA, María Teresa y Bertha DÍAZ
1997 *Técnicas para el estudio del trabajo.* Lima: Universidad de Lima.

OROPEZA MONTERRUBIO, Rafael
1996 *Manual práctico de auditorías ambientales*. México: Panorama Editorial.

PALOMINO NICHO, Nelly
1992 "Estudio de prefactibilidad para instalar una planta procesadora de vino de ciruela". Lima: Universidad de Lima.

QUIRÓS PEREIRA, María Elena
1990 *Estudio de factibilidad para la instalación de una planta procesadora de mantequilla tipo salada y queso fresco*. Lima: Universidad de Lima.

RAMÍREZ VÁSQUEZ, J.
1996 *Instalaciones eléctricas II*. Barcelona: Grupo Editorial CEAC S.A.

RASE, H. F. y M. H. BARROW
1984 *Ingeniería de proyectos para plantas de procesos.* 9.ª edición. México: Compañía Editorial Continental S.A.

ROMERO, Jairo
1996 *Puntos críticos. El sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control, aplicado paso a paso al aseguramiento de la calidad de productos alimenticios*. Cartagena: Corporación Colombiana Internacional.

ROSALER, Robert C.
1998 *Manual de ingeniero de planta*. Tomos I, II, III y IV. México: McGraw-Hill.

SALVENDY
1991 *Manual de ingeniería industrial*. Tomos I y II. México: Limusa.

SCHROEDER, Róger
1992 *Administración de operaciones*. México: McGraw-Hill.

TOFFLER, ALVIN
1996 *La creación de una nueva civilización, la política de la tercera ola.* Barcelona: Plaza & Janés.

UNIVERSIDAD DE LIMA
2000-2006 Exámenes y prácticas.

Materiales y apuntes de clase de los profesores de la Facultad de Ingeniería Industrial. Lima.

VARIOS AUTORES
1986 *Gran geografía del Perú*. *Naturaleza y hombre*. Barcelona: Editorial Juan Mejía Baca.

YASUHIRO Monden
1990 *El sistema de producción de Toyota*. Buenos Aires: Editorial Macchi.

Fuentes en internet

[en línea] <http//:www.esmina.es>.



Este libro se terminó de imprimir en agosto del 2014
en Tarea Asociación Gráfica Educativa
Psje. María Auxiliadora 156-164, Breña, Lima, Perú
Teléfonos: 424-8104 / 332-3229
tareagrafica@tareagrafica.com



UNIVERSIDAD
DE LIMA

Disposición de planta reúne teoría, métodos y técnicas para lograr una distribución eficiente de los factores de producción en una instalación industrial, considerando además la creación de un ambiente de trabajo adecuado, así como el uso de tecnologías alternativas que minimicen la posibilidad de generar impacto ambiental. El estudio abarca desde la localización y la determinación del tamaño de la planta, hasta la propuesta y evaluación de alternativas para su disposición.

A partir de sus respectivas disciplinas y especialidades, los autores han volcado su experiencia profesional y académica en esta segunda y actualizada edición, que reúne dieciocho capítulos, donde el lector encontrará enfoques y herramientas para el análisis, el desarrollo y la evaluación de la distribución de una planta industrial. Asimismo, encontrará ejemplos y problemas, tanto resueltos como propuestos.

Bertha Díaz Garay

Ingeniera química por la Universidad Nacional de Ingeniería, magíster en Administración de Empresas por la Universidad del Pacífico y doctora en Ciencias Contables y Empresariales por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Es profesora principal de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima. Evaluadora del Premio Nacional a la Calidad y del Premio Iberoamericano. Asesora en temas de procesos, productividad y sistemas de gestión de la calidad. Coautora de los libros *La calidad total en la empresa peruana*, *Técnicas para el estudio del trabajo* y *Mejora continua de los procesos.*

Benjamín Jarufe Zedán

Ingeniero industrial por la Universidad Nacional de Ingeniería, con estudios de posgrado en las especialidades de fibras sintéticas y colorantes, en Alemania, y transferencia de tecnología, en Brasil. Ha sido decano de las facultades de Ingeniería Química y Manufacturera, y de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad Nacional de Ingeniería. Asimismo, fue profesor en la Universidad de Lima. Es autor de *Tecnología química, Investigación y proyectos industriales en procesos químicos para tesis* y *Evaluación económica y social de la industria manufacturera en el Perú.*

María Teresa Noriega

Ingeniera industrial por la Universidad de Lima, magíster en Industrias Forestales por la Universidad Nacional Agraria La Molina y doctora en Ciencias Contables y Empresariales por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Es profesora asociada en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima y coordinadora del Área de Producción de dicha facultad. Evaluadora del Premio Nacional a la Calidad. Coautora de los libros *Cartera de proyectos*, *Técnicas para el estudio del trabajo* y *Mejora continua de los procesos.*

ESCUELA DE INGENIERÍA · FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ISBN 978-9972-45-197-3